

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

**VÝPOČET IMISÍ ZE SILNIČNÍ DOPRAVY A
SROVNÁNÍ S IMISNÍMI DATY ZE SLEDOVANÉ
OBLASTI Z ROKU 2012**

diplomová práce

Autor:

Bc. Renata Petřvalská

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jana Kodymová, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB – TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

Faculty of mining and geology

Institute of environmental engineering

**THE CALCULATION OF TRANSPORT
IMMISSIONS AND CONFRONTATION WITH AIR
QUALITY DATA FROM THE MONITORING
AREA FROM YEAR 2012**

diploma thesis

Author:

Bc. Renata Petřvalská

Supervisor:

Ing. Jana Kodymová, Ph.D.

Ostrava 2015

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Renata Petřvalská

Studijní program:

N2102 Nerostné suroviny

Studijní obor:

3904T005 Environmentální inženýrství

Téma:

Výpočet imisí ze silniční dopravy a srovnání s imisními daty ze sledované oblasti z roku 2012
The Calculation of Transport Immissions and Confrontation with Air Quality Data from the monitoring area from year 2012

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Kvalita ovzduší v Evropě a České republice
3. Vliv dopravy na kvalitu ovzduší
4. Stanovení emisí z dopravy na ulici Českobratrská
5. Stanovení imisí z dopravy na ulici Českobratrská
6. Srovnání vypočtených dat s daty z automatizovaného imisního monitoringu
7. Diskuze
8. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

BRANIŠ, Martin; HŮNOVÁ, Iva. Atmosféra a klima. : Aktuální otázky ochrany ovzduší. Praha: Karolinum, 2009. 352 s. ISBN 978-80-246-1598-1.

ADAMEC, Vladimír et al. Doprava, zdraví a životní prostředí. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 160 s. ISBN 978-80-247-2156-9.

BARTOŠ, Luděk. Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích: TP 189. 2. vyd. Plzeň: EDIP, 2012, 76 s. ISBN 978-80-87394-06-9.

KURFÜRST, Jiří. Kompedium ochrany kvality ovzduší. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor spol. s.r.o., 2008. 408 s. ISBN 978-80-86832-38-8.

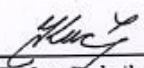
Software CALINE4

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jana Kodymová, Ph.D.**

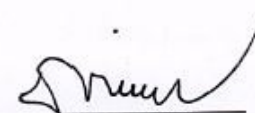
Datum zadání: 31.10.2014

Datum odevzdání: 30.04.2015



doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová
vedoucí institutu





prof. Ing. Vojtech Dimer, CSc.
děkan fakulty

Prohlašuji, že

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst.3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licenci. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 30. 4. 2015

.....
Bc. Renata Petřivalská

Poděkování

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucí své diplomové práce paní Ing. Janě Kodymové, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a pomoc při zpracování této práce. Poděkování také patří mé rodině, přátelům a partnerovi za morální podporu během celého studia.

ANOTACE

Tato diplomová práce se zabývá problematikou znečištění ovzduší silniční dopravou. První část je věnována charakteristice kvality ovzduší v Evropě, České republice, Moravskoslezském kraji a městě Ostrava. Další část pojednává o vlivu dopravy na kvalitu ovzduší, součástí je charakteristika znečišťujících látek z dopravy, popis norem EURO a také problematika studených startů. Následující část je věnována praktickému výpočtu emisí ze silniční dopravy na ulici Českobratrská (Ostrava) v měsících září, říjnu a listopadu roku 2012. Další část je věnována výpočtu imisí ze silniční dopravy pomocí modelu CALINE 4 na ulici Českobratrská v měsících září, říjnu a listopadu roku 2012. V následující části jsou výsledné hodnoty imisí porovnány s hodnotami z automatizovaného imisního monitoringu.

klíčová slova: emise, imise, doprava, Ostrava, model CALINE 4

SUMMARY

Presented diploma thesis deals with problems of air pollution from vehicular traffic. The first part is concerned with characteristics of air quality in Europe, Czech Republic, Moravian-Silesian region and the city of Ostrava. The next section discusses the impact of traffic on air quality, including characteristics of pollutants from traffic, a description of EURO standards and also the issue of cold starts. The following section concentrates on practical calculation of transport emissions on Českobratrská street (Ostrava) in the months of September, October and November 2012. The next section is devoted to the calculation of transport immissions by using the model CALINE 4 on Českobratrská street in the months of September, October and November 2012. The following are the resulting immissions values compared to values of the automatic air pollution monitoring.

key words: emissions, immissions, traffic, Ostrava, model CALINE 4

SEZNAM ZKRATEK

A - autobusy

ADT - average daily traffic - průměrný denní počet vozidel na komunikaci

AEOLIUS - Assessing the Environment Of Locations In Urban Streets - posuzování prostředí lokalit městských ulic

AirBase – The European air quality database – Evropská databáze kvality ovzduší

B(a)P - benzo(a)pyren

C₆H₆ - benzen

C_nH_m - uhlovodíky

CALINE 4 - California line source dispersion model version 4 - Kalifornský silniční disperzní model verze 4

Caltrans - California Department of Transportation - Kalifornské ministerstvo dopravy

CDV - centrum dopravního výzkumu

CENIA - česká informační agentura ŽP

CNG - Compressed Natural Gas - stlačený zemní plyn

CO - oxid uhelnatý

CO₂ - oxid uhličitý

ČHMÚ - Český hydrometeorologický ústav

ČR - Česká republika

E - emisní faktor

EEA - European Environment Agency - Evropská agentura pro životní prostředí

EIONET - Evropská informační a pozorovací síť pro ŽP

EU - Evropská unie

HGF - Hornicko-geologická fakulta

IPPC - Integrated pollution prevention and control - Integrovaná prevence a omezování znečištění

ISKO - Informační systém kvality ovzduší

ISŽP MSK - Integrovaný systém životního prostředí Moravskoslezského kraje

k - násobitel závislý na velikosti řešené frakce

LCP - large combustion plants - velká spalovací zařízení

LPG - Liquid Petroleum Gas - zkapalněný plyn

LV - lehká nákladní vozidla

MSK - Moravskoslezský kraj

MŽP - Ministerstvo životního prostředí

N - celkový počet dnů

N₂O - oxid dusný

nitro-PAH - nitroderiváty PAH

NO - oxid dusnatý

NO₂ - oxid dusičitý

NO_x - oxidy dusíku

O₃ - ozón

OA - osobní automobily

OC - organický uhlík

P - počet dnů s úrovní srážek ≥ 1 mm z celkového počtu dnů

PAH - polycyklické aromatické uhlovodíky

PCB - polychlorované bifenyly

PCDD/F - polychlorované dibenzodioxiny/dibenzofurany

PM - pevné částice

PM_{2,5} - částice do 2,5 μ m (jemná frakce)

PM₁₀ - částice do 10 μ m (hrubá frakce)

REZZO - Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší

sL - zátěž povrchu silnice prachovými částicemi

SO₂ - oxid siřičitý

SO_x - oxidy síry

SZU - Státní zdravotní ústav

TP - technické podmínky

TV - těžká nákladní vozidla

TZL - tuhé znečišťující látky

VOC - těkavé organické látky

VŠB-TUO - Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

W - průměrná hmotnost vozidla

ŽP - životní prostředí

OBSAH

1.	ÚVOD	1
2.	KVALITA OVZDUŠÍ V EVROPĚ A ČESKÉ REPUBLICE	2
2.1.	Kvalita ovzduší v Evropě	3
2.1.1.	Oxid uhelnatý (CO)	3
2.1.2.	Oxidy dusíku (NO _x)	3
2.1.3.	Benzen (C ₆ H ₆)	4
2.1.4.	Suspendované částice (PM)	4
2.1.5.	Oxidy síry (SO _x)	5
2.2.	Kvalita ovzduší v České republice	7
2.2.1.	Oxid uhelnatý (CO)	8
2.2.2.	Oxidy dusíku (NO _x)	9
2.2.3.	Benzen (C ₆ H ₆)	9
2.2.4.	Suspendované částice (PM)	10
2.2.5.	Oxid siřičitý (SO ₂)	12
2.3.	Kvalita ovzduší v Moravskoslezském kraji a městě Ostrava	12
3.	VLIV DOPRAVY NA KVALITU OVZDUŠÍ	15
3.1.	Charakteristika vybraných látek	15
3.1.1.	Oxid uhelnatý (CO)	16
3.1.2.	Oxid dusičitý (NO ₂)	16
3.1.3.	Benzen (C ₆ H ₆)	16
3.1.4.	Suspendované částice (PM)	17
3.1.5.	Ozón (O ₃)	17
3.2.	Emisní limity pro spalovací motory	17
3.3.	Studené starty	18
4.	STANOVENÍ EMISÍ Z DOPRAVY NA ULICI ČESKOBRAVSKÁ	19
4.1.	Data ze sčítání dopravy	19
4.2.	Emisní faktory	20
4.3.	Poměrové zastoupení pohonných hmot ve vozovém parku ČR	21
4.4.	Intenzity dopravy	21
4.5.	Stanovení emisí	22
4.6.	Výpočet emisí resuspendovaných částic ze zpevněných komunikací	23

4.6.1.	Hodnota násobitele „k“	24
4.6.2.	Hodnota zátěže povrchu silnice prachovými částicemi (sL)	24
4.6.3.	Průměrná hmotnost vozidla (W)	25
4.6.4.	Hodnoty N a P	25
4.6.5.	Výsledek	25
4.7.	Výsledky	26
5.	STANOVENÍ IMISÍ Z DOPRAVY NA ULICI ČESKOBRAŽSKÁ	28
5.1.	Pracovní parametry	28
5.2.	Spouštěcí podmínky	29
5.3.	Geometrie vozovek	32
5.4.	Aktivita vozovek	32
5.5.	Pozice receptorů	33
5.6.	Výpočet	34
5.7.	Výsledky	35
6.	SROVNÁNÍ VYPOČTENÝCH DAT S DATY Z AUTOMATIZOVANÉHO IMISNÍHO MONITORINGU	39
7.	DISKUZE	45
8.	ZÁVĚR	47
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	49
	Publikace	49
	Internetové zdroje	50
	SEZNAM OBRÁZKŮ	54
	SEZNAM TABULEK	54
	SEZNAM GRAFŮ	55
	SEZNAM PŘÍLOH	56
	PŘÍLOHY	57

1. ÚVOD

Problematika znečišťování ovzduší je dnes celosvětovým problémem. Látky znečišťující ovzduší negativně ovlivňují životní prostředí a zdraví lidí. Způsobují různá onemocnění (dýchacího ústrojí, rakovinu), mají toxické, karcinogenní a mutagenní účinky, podílí se na vzniku kyselých srážek a přispívají ke globálnímu oteplování (Adamec et al., 2008; Gurjar et al., 2010; Petřvalská, 2013; Hejlová, 2014).

Jedním ze zdrojů znečišťování ovzduší je i doprava, přičemž nejproblematičtějším druhem dopravy je silniční doprava. Při provozu vozidel (spalování paliva, ale i opotřebení součástí, narušování povrchu vozovky, ... atd.) dochází ke vzniku emisí znečišťujících látek. S nárůstem přepravních výkonů a množství osobních i nákladních vozidel se celkově zvýšil i objem těchto emisí. Odhaduje se, že množství exhalátů ze silniční dopravy, je až 40 x vyšší než ze všech ostatních druhů dopravy dohromady (Adamec et al., 2008; Lapčík, 2011; Petřvalská, 2013).

Negativní vliv dopravy na kvalitu ovzduší je tedy významný. V ČR je tento vliv pravidelně monitorován na vybraných stanicích automatického imisního monitoringu. Součástí monitorování je také odhad množství emisí produkovaných mobilními zdroji, který je prováděn na základě modelových výpočtů. Pro výpočty celkové roční hmotnosti látek emitovaných dopravou se v ČR používá Metodika stanovení emisí látek znečišťujících ovzduší z dopravy. Tato metodika zahrnuje pouze emise vzniklé přímo při provozu dopravních prostředků, které rozděluje do 23 kategorií dle druhu dopravy, druhu používaného paliva a přítomnosti či nepřítomnosti katalyzátoru (Dufek et al. [online], 2006; Kurfürst, 2008; Petřvalská, 2013).

Hlavním cílem této diplomové práce je praktický výpočet emisí a imisí z dopravy. Budou vypočítány emise znečišťujících látek CO, NO₂ a PM na ulici Českobratrská (město Ostrava), na základě sčítání dopravy v září, říjnu a listopadu roku 2012, dle Metodiky stanovení emisí látek znečišťujících ovzduší z dopravy. Pomocí modelu CALINE 4 budou vypočítány imise znečišťujících látek CO, NO₂ a C₆H₆, které budou porovnány s naměřenými hodnotami automatizované stanice HOT-SPOT na ulici Českobratrská.

2. KVALITA OVZDUŠÍ V EVROPĚ A ČESKÉ REPUBLICE

I přesto, že v posledních desetiletích došlo v Evropě k značnému zlepšení kvality ovzduší, stále nebylo dosaženo takové úrovně, která by nepředstavovala rizika pro člověka a životní prostředí. Znečištění ovzduší zvyšuje výskyt široké škály onemocnění a má negativní vliv na životní prostředí (poškození vegetace a ekosystémů), čímž je ovlivňována ekonomika, zemědělství, produktivita i zdraví Evropanů (EEA [online], 2014).

Informace o stavu životního prostředí v Evropě poskytuje Evropská agentura pro ŽP (EEA - European Environment Agency). Tato agentura se sídlem v Kodani funguje od roku 1994 a v současnosti má 33 členských zemí. Informace o ŽP jednotlivých zemí shromažďuje agentura EEA prostřednictvím Evropské informační a pozorovací sítě pro ŽP (EIONET) (EEA (b), [online] 2012; EEA (c), [online] 2012; Petřvalská, 2013).

Agentura EEA také provozuje informační systém kvality ovzduší (AirBase), který vyvíjí a udržuje Evropské středisko pro kvalitu ovzduší. Tento systém obsahuje databázi s informacemi o kvalitě ovzduší z jednotlivých zemí EU (Braniš, Hůnová, 2009; EEA, [online] 2013; Petřvalská, 2013).

Informace o stavu životního prostředí v ČR poskytuje česká informační agentura ŽP CENIA. Tato agentura je příspěvkovou organizací Ministerstva životního prostředí a jejím úkolem je shromažďování, hodnocení, interpretace a distribuce informací o ŽP (CENIA [online], 2012).

V oblastech čistoty ovzduší, hydrologie, jakosti vod, klimatologie a hydrologie plní funkci ústředního státního ústavu ČR Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Tato příspěvková organizace zřizuje a provozuje státní pozorovací síť (pro sledování kvalitativního a kvantitativního stavu atmosféry a hydrosféry), zpracovává výsledky pozorování, měření a monitorování, vytváří a spravuje databáze, poskytuje předpovědi a výstrahy, provádí a koordinuje vědeckou a výzkumnou činnost (CHMI (b) [online], 2014).

ČHMÚ také provozuje Informační systém kvality ovzduší (ISKO). Tento systém poskytuje souhrnné údaje o stavu kvality ovzduší, čímž umožňuje jejich efektivnější využití. Jeho součástí je Registr emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO), který slouží k archivaci a prezentaci údajů o stacionárních a mobilních zdrojích znečišťování ovzduší. Zdroje emisí jsou dle způsobu sledování emisí rozděleny na vyjmenované, nevyjmenované a mobilní (CHMI (a) [online], 2014; Braniš, Hůnová, 2009).

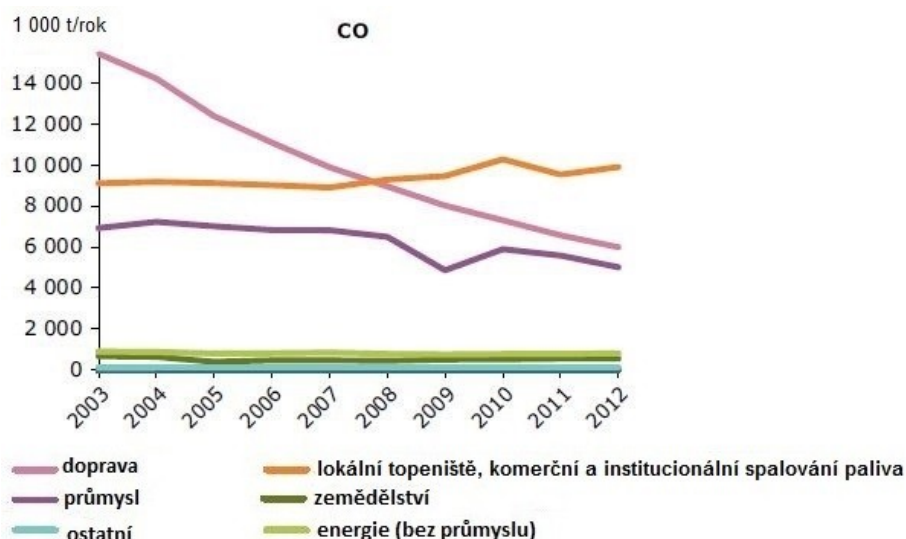
2.1. Kvalita ovzduší v Evropě

V Evropě došlo ke snížení emisí mnoha znečišťujících látek. Značného pokroku bylo dosaženo v oblasti emisí oxidu siřičitého, oxidu uhelnatého a benzenu, zatímco jiné znečišťující látky nadále představují riziko pro zdraví Evropanů i životní prostředí. V současnosti jsou, v oblasti poškozování lidského zdraví, nejproblematictějšími znečišťujícími látkami O_3 a částice PM. Pokud jde o poškozování ekosystémů, nejvíce škodlivými látkami jsou O_3 a NO_x (EEA (a) [online], 2012; EEA [online] 2014).

Vývoj vybraných emisí v Evropě je popsán v následujících podkapitolách.

2.1.1. Oxid uhelnatý (CO)

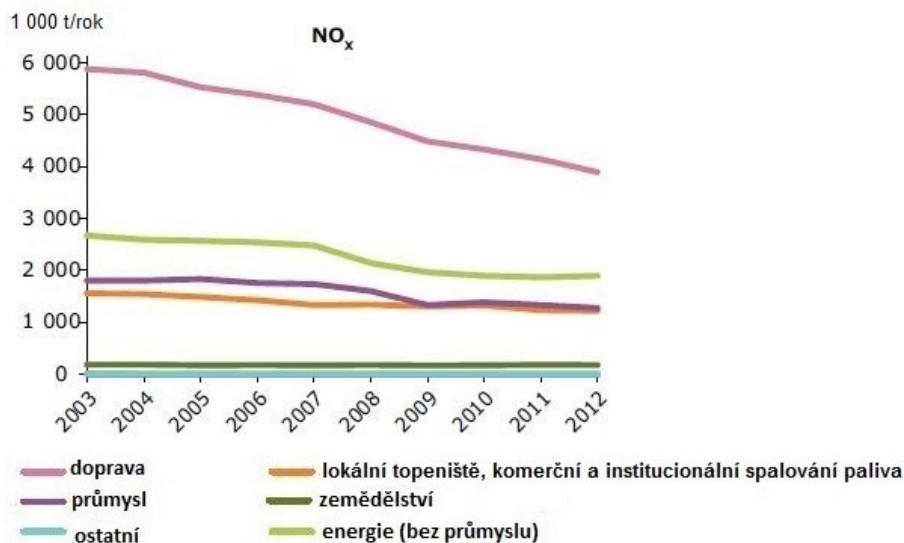
V letech 2003 – 2012 došlo ke značnému snížení emisí CO. Do roku 2008 byl největším producentem emisí CO sektor dopravy a od roku 2008 sektor lokálních topenišť, komerčního a institucionálního spalování paliva. Ke snížení množství emisí z dopravy přispělo především zavedení emisních norem EURO. 3. významným zdrojem emisí CO je sektor průmyslu (viz. Graf č. 1) (EEA [online] 2014).



Graf č. 1: Vývoj emisí CO z jednotlivých zdrojů v Evropě v letech 2003 – 2012 (EEA [online] 2014)

2.1.2. Oxidy dusíku (NO_x)

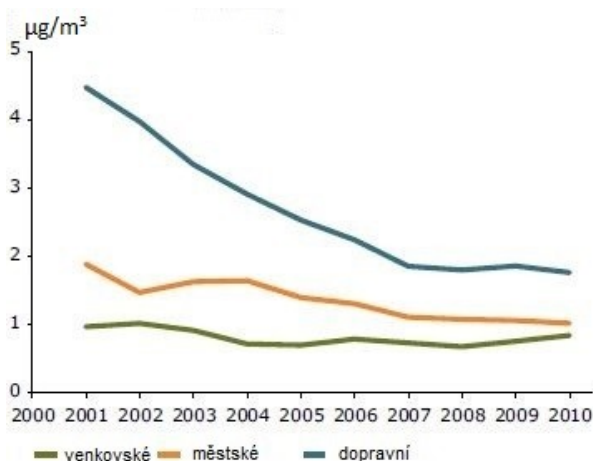
Emise NO_x v letech 2003 – 2012 klesly o 30 %. Nejvíce přispívá ke znečištění emisemi NO_x sektor dopravy, poté sektor energetiky a sektor průmyslu (viz. Graf č. 2). K největšímu poklesu došlo u sektoru dopravy (o 34 %) (EEA [online] 2014).



Graf č. 2: Vývoj emisí NO_x z jednotlivých zdrojů v Evropě v letech 2003 – 2012 (EEA [online] 2014)

2.1.3. Benzen (C₆H₆)

Nejvyšší roční průměrné koncentrace byly v letech 2001 – 2010 naměřeny na dopravních stanicích. Je to způsobeno především tím, že benzín je stále jedním z nejdůležitějších zdrojů C₆H₆. Do roku 2007 mají koncentrace naměřené na dopravních stanicích klesající charakter, následně stagnují. Koncentrace naměřené na městských a venkovských stanicích vykazují nižší pokles v průběhu stejného období (viz. Graf č. 3) (EEA (a) [online], 2012).

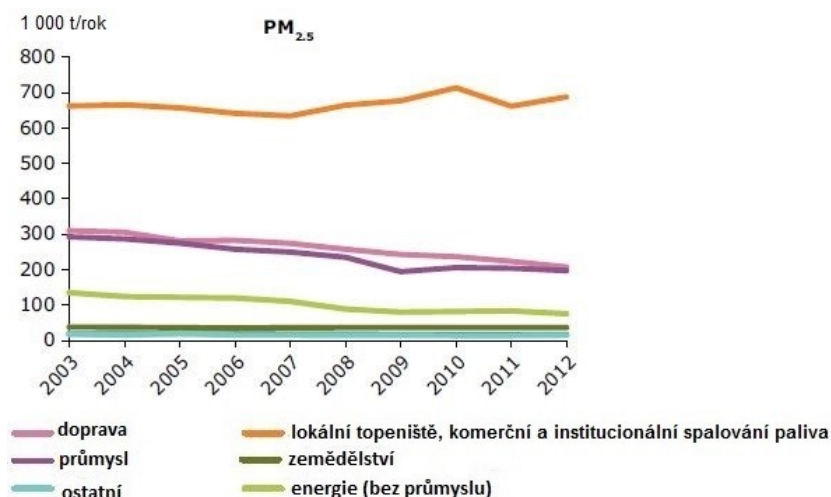


Graf č. 3: Průměrné hodnoty koncentrací C₆H₆ naměřené v letech 2001 – 2010 na různých typech stanic v Evropě (EEA (a) [online], 2012)

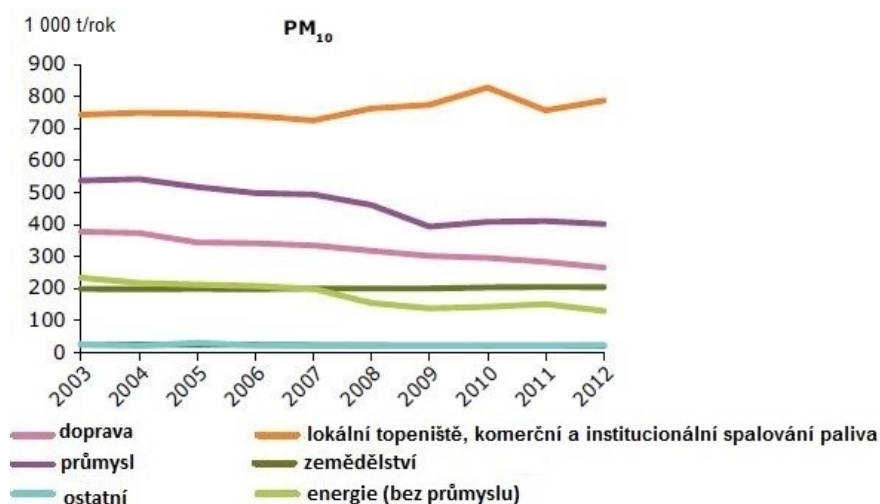
2.1.4. Suspendované částice (PM)

V letech 2003 – 2012 došlo ke snížení emisí PM₁₀ o 14 % a PM_{2,5} o 16 %. Největším producentem emisí PM je sektor lokálních topenišť, komerčního

a institucionálního spalování paliva (viz. Grafy č. 4 a 5). Jeho podíl na celkových emisích PM_{10} stoupl z 35 % v roce 2003 na 43 % v roce 2012, a podíl na emisích $PM_{2,5}$ stoupl ze 45 % na 55 %. Dalšími významnými zdroji pro emise PM jsou sektory dopravy a průmyslu (EEA [online] 2014).



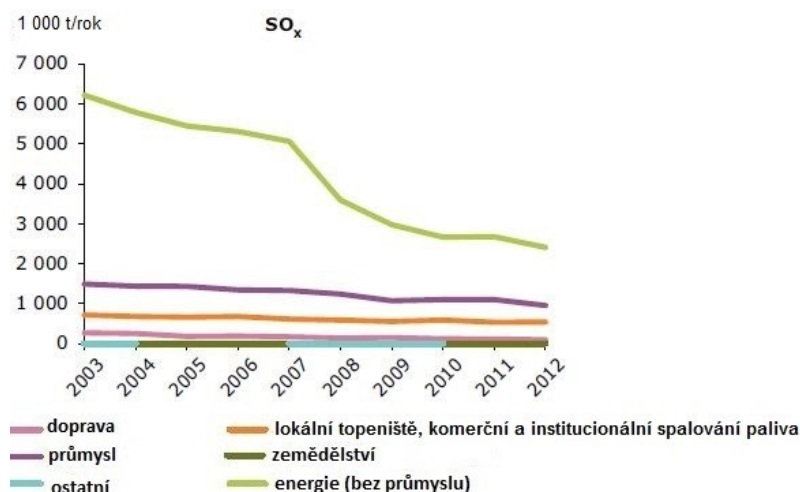
Graf č. 4: Vývoj emisí $PM_{2,5}$ z jednotlivých zdrojů v Evropě v letech 2003 – 2012 (EEA [online] 2014)



Graf č. 5: Vývoj emisí PM_{10} z jednotlivých zdrojů v Evropě v letech 2003 – 2012 (EEA [online] 2014)

2.1.5. Oxidy síry (SO_x)

Emise SO_x od roku 2003 výrazně poklesly. Celkové emise v roce 2012 byly o 54 % nižší než v roce 2003. Hlavním zdrojem emisí je sektor energetický, druhým nejvýznamnějším zdrojem je sektor průmyslu (viz Graf č. 6) (EEA [online] 2014).



Graf č. 6: Vývoj emisí SO_x z jednotlivých zdrojů v Evropě v letech 2003 – 2012 (EEA [online] 2014)

Z předchozích podkapitol je zřejmé, že došlo ke snížení množství emisí vybraných látek. Na pokles těchto emisí má nejvíce vliv zavedení přísnějších limitů a nové legislativy. Především normy EURO (emise NO_x , CO a PM), Směrnice kvality motorových paliv 2003/17/EC (koncentrace C_6H_6 a emise SO_x), Směrnice o národních emisních stropích 2001/81/EC (emise PM) a Směrnic o LCP 2001/80/EC a IPPC 2008/01/EC, které byly nahrazeny Směrnicí o průmyslových emisích 2010/75/EU (emise PM, CO, SO_x a NO_x) (EEA (a) [online], 2012). Nejdůležitější evropské legislativní dokumenty, týkající se kvality ovzduší, jsou shrnuty v Tabulce č. 1 (EEA [online] 2014).

Tabulka č. 1: Evropská legislativa regulující emise a okolní koncentrace znečišťujících látek (EEA [online] 2014)

legislativa/polutanty		PM	O_3	NO_2 , NO_x , NH_3	SO_2 , SO_x
směrnice regulující kvalitu vnějšího ovzduší	2008/50/EC	PM	O_3	NO_2	SO_2
	2004/107/EC				
směrnice regulující emise znečišťujících látek	2001/81/EC	prekursorzy	prekursorzy	NO_x , NH_3	SO_2
	2010/75/EU	PM	prekursorzy	NO_x , NH_3	SO_2
	normy EURO	PM	prekursorzy	NO_x	
	94/63/EC	prekursorzy	prekursorzy		
	2009/126/EC	prekursorzy	prekursorzy		
	1999/13/EC	prekursorzy	prekursorzy		
	91/676/EEC			NH_3	
směrnice regulující kvalitu paliva	1999/32/EC	prekursorzy			S
	2003/17/EC	prekursorzy	prekursorzy		S

mezinárodní konvence	MARPOL 73/78	PM	prekurzory	NO _x	SO _x
	LRTAP	PM i prekurzory	prekurzory	NO ₂ , NH ₃	SO ₂
legislativa/polutanty		CO	těžké kovy	B(a)P; PAH's	VOC
směrnice regulující kvalitu vnějšího ovzduší	2008/50/EC	CO	Pb		benzen
	2004/107/EC		As, Cd, Hg, Ni	B(a)P	
směrnice regulující emise znečišťujících látek	2001/81/EC				NMVOC
	2010/75/EU	CO	Cd, Tl, Hg, Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V		VOC
	normy EURO	CO			VOC, NMVOC
	94/63/EC				VOC
	2009/126/EC				VOC
	1999/13/EC				VOC
	91/676/EEC				
směrnice regulující kvalitu paliva	1999/32/EC				
	2003/17/EC		Pb	PAH's	benzen, VOC
mezinárodní konvence	MARPOL 73/78				VOC
	LRTAP	CO	Cd, Hg, Pb	B(a)P	NMVOC

2.2. Kvalita ovzduší v České republice

V ČR došlo v letech 1994 – 2012 k poklesu emisí znečišťujících látek (viz Graf č. 7). Jednalo se především o emise z vyjmenovaných stacionárních zdrojů, což bylo způsobeno zavedením systému řízení kvality ovzduší. Vliv působení tohoto systému se projevil nejvíce koncem 90. let 20. století, kdy vstoupily v platnost emisní limity zavedené novou legislativou. Pokles emisí způsobil také omezení dálkového přenosu znečišťujících látek. V oblasti dodržování parametrů kvality ovzduší však stále není dosaženo uspokojivých výsledků. Proto začínají být lépe sledovány také nevyjmenované stacionární zdroje a mobilní zdroje (CHMI (a) [online], 2014).

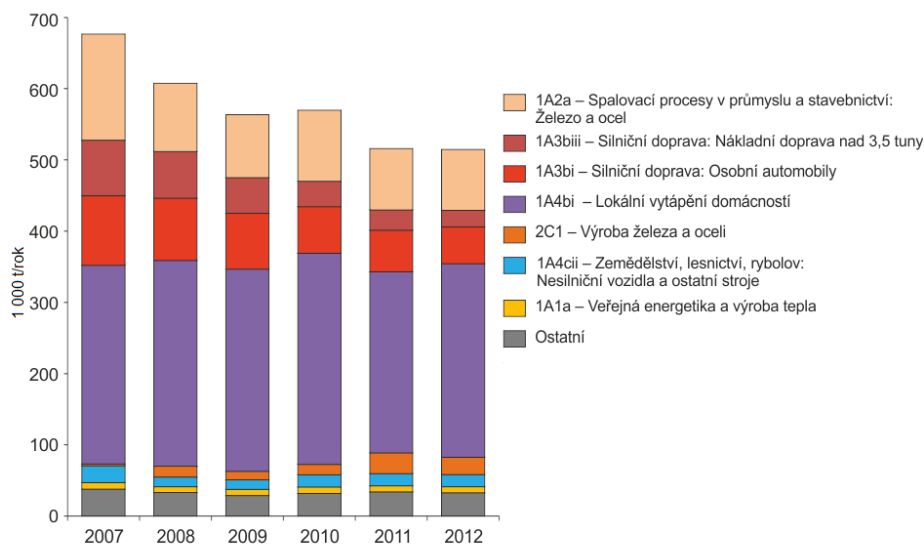


Graf č. 7: Vývoj emisí v ČR v letech 1994 – 2012 (CHMI (d) [online], 2014)

Vývoj vybraných emisí v České republice je popsán v následujících podkapitolách.

2.2.1. Oxid uhelnatý (CO)

Vývoj emisí CO z jednotlivých zdrojů v ČR v letech 2007 – 2012 je znázorněn v Grafu č. 8.

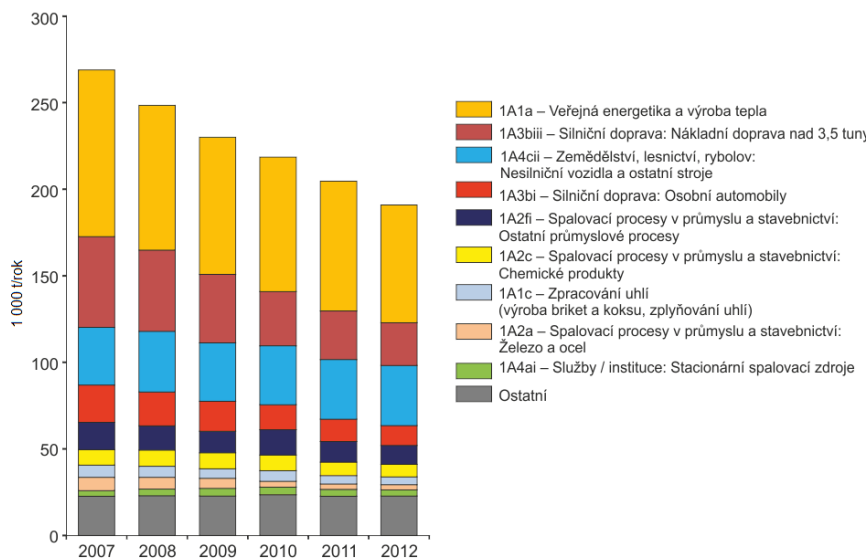


Graf č. 8: Vývoj emisí CO z jednotlivých zdrojů v ČR v letech 2007 – 2012 (CHMI (a) [online], 2014)

Největší množství emisí CO vzniká v sektoru lokálního vytápění domácností. Dalšími významnými sektory jsou: výroba železa a oceli, silniční nákladní doprava nad 3,5 t a osobní automobilová doprava. Celkově mají emise CO v letech 2007 – 2012 klesající charakter, na čemž má největší podíl přirozená obnova vozového parku a pokles výroby železa a oceli po roce 2007 (CHMI (a) [online], 2014).

2.2.2. Oxidy dusíku (NO_x)

Vývoj emisí NO_x z jednotlivých zdrojů v ČR v letech 2007 – 2012 je znázorněn v Grafu č. 9.

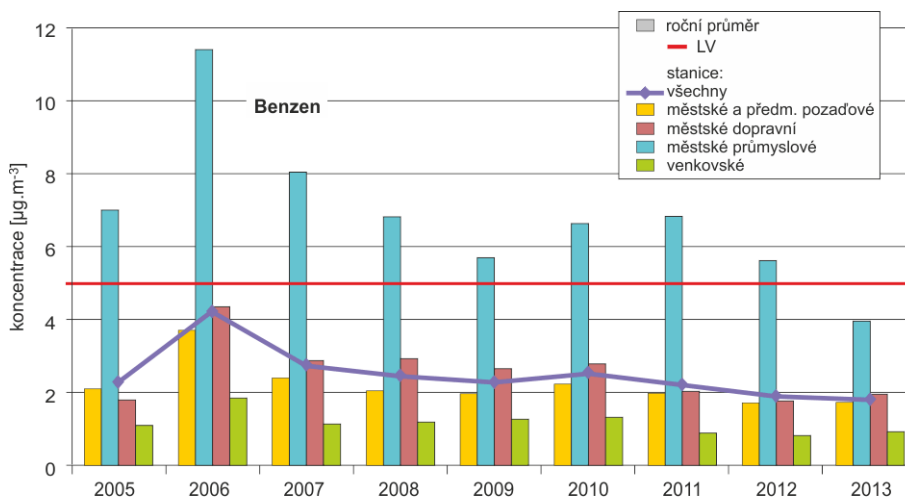


Graf č. 9: Vývoj emisí NO_x z jednotlivých zdrojů v ČR v letech 2007 – 2012 (CHMI (a) [online], 2014)

Největší množství emisí NO_x bylo vyprodukováno ze sektoru dopravy (silniční nákladní doprava nad 3,5 t, osobní automobilová doprava, nesilniční vozidla a ostatní stroje v zemědělství a lesnictví – celkem). Vysoká produkce emisí NO_x je zaznamenána především podél dálnic, ve velkých městech a v krajích, ve kterých jsou umístěny významnější energetické výrobní celky. Za toto období (2007 – 2012) mají emise NO_x klesající charakter, což je způsobeno především přirozenou obnovou vozového parku a zavedením emisních stropů pro sektor veřejné energetiky a výroby tepla (CHMI (a) [online], 2014).

2.2.3. Benzen (C₆H₆)

Trendy ročních charakteristik C₆H₆ v ČR dle různých typů stanic v letech 2005 – 2013 jsou zaznamenány v Grafu č. 10.

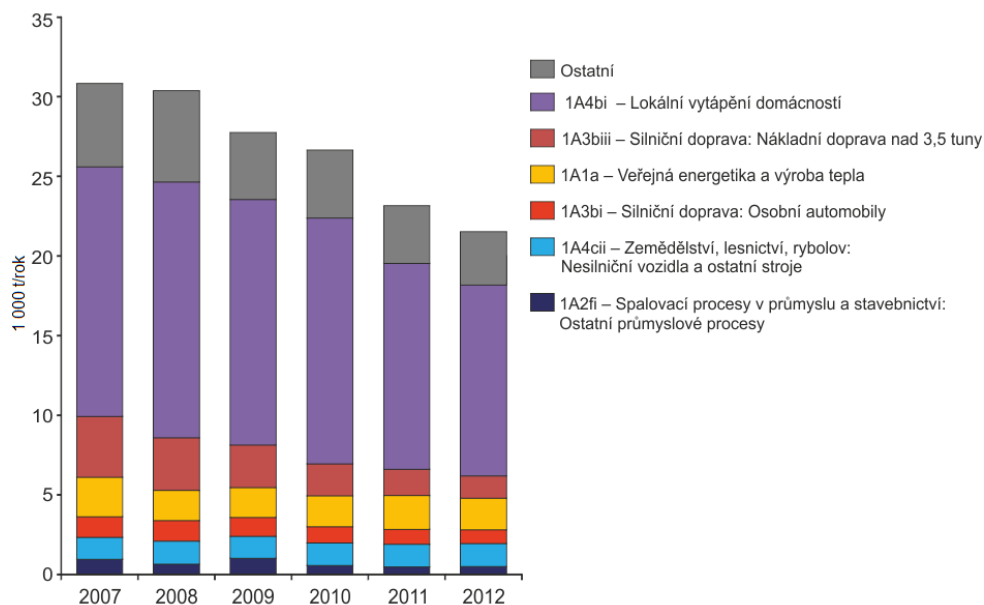


Graf č. 10: Trendy ročních charakteristik C_6H_6 v ČR dle různých typů stanic v letech 2005 – 2013 (CHMI (a) [online], 2014)

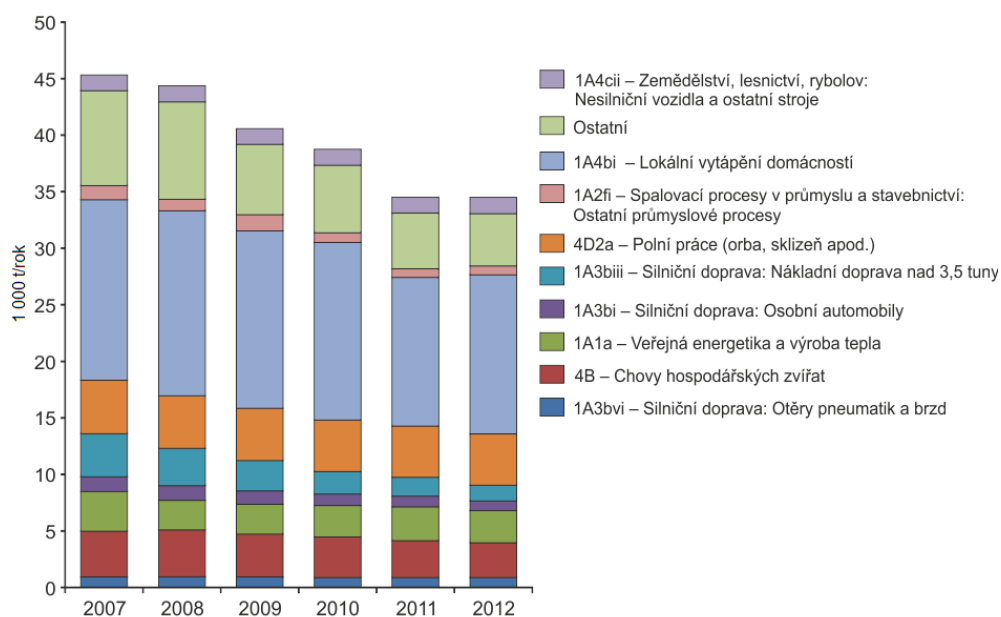
Z Grafu č. 10 lze vyčíst, že nejvyšší koncentrace C_6H_6 byly naměřeny na průmyslových a dopravních městských stanicích. Důvodem je především vyšší koncentrace průmyslové výroby a automobilové dopravy ve městech (CHMI (a) [online], 2014). Celkově mají koncentrace C_6H_6 proměnlivý charakter. Při porovnání let 2011 a 2013 vidíme, že koncentrace C_6H_6 klesají.

2.2.4. Suspendované částice (PM)

Vývoj emisí $PM_{2.5}$ a PM_{10} z jednotlivých zdrojů v ČR v letech 2007 – 2012 je znázorněn v Grafech č. 11 a 12.



Graf č. 11: Vývoj emisí $PM_{2,5}$ z jednotlivých zdrojů v ČR v letech 2007 – 2012 (CHMI (a) [online], 2014)



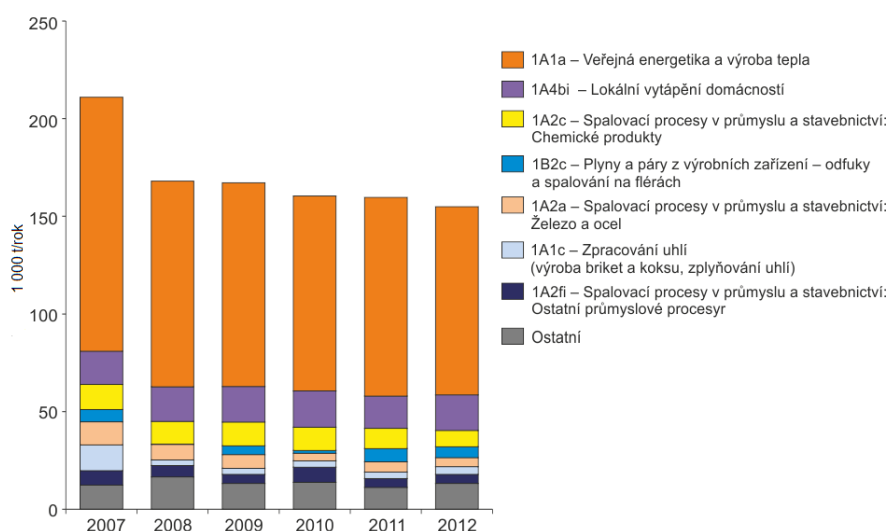
Graf č. 12: Vývoj emisí PM_{10} z jednotlivých zdrojů v ČR v letech 2007 – 2012 (CHMI (a) [online], 2014)

Největší podíl na emisích PM má sektor lokálního vytápění domácností. Z hlediska negativního vlivu na lidské zdraví je třeba také zmínit sektor dopravy, který má vliv především ve velkých městech. Dalším významným zdrojem emisí PM_{10} je sektor polních prací, kde emise vznikají při zpracování půdy, sklizení a čištění plodin. Emise částic PM mají v letech 2007 – 2012 mírně klesající charakter, který je ovlivněn především

přirozenou obnovou vozového parku a snížením zemědělské produkce (CHMI (a) [online], 2014).

2.2.5. Oxid siřičitý (SO₂)

Vývoj emisí SO₂ z jednotlivých zdrojů v ČR v letech 2007 – 2012 je znázorněn v Grafu č. 13.



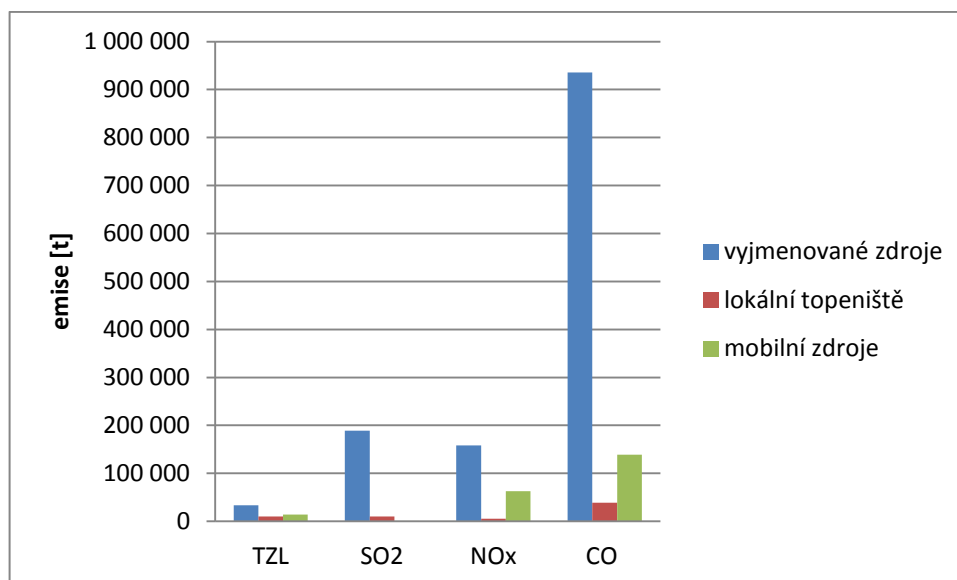
Graf č. 13: Vývoj emisí SO₂ z jednotlivých zdrojů v ČR v letech 2007 – 2012 (CHMI (a) [online], 2014)

Hlavním producentem emisí SO₂ je sektor veřejné energetiky a výroby tepla. Mezi roky 2007 a 2008 došlo k poklesu emisí SO₂ z tohoto sektoru vlivem zavedení povinnosti plnit emisní stropy. Od roku 2008 mají tyto emise mírně klesající charakter (CHMI (a) [online], 2014).

U všech vybraných látek došlo ve sledovaném období k poklesu produkce celkových emisí. Emise NO_x, PM a SO₂ mají ve sledovaném období pouze klesající charakter, zatímco emise CO a koncentrace C₆H₆ mají spíše proměnlivý charakter. Při porovnání se situací v Evropě vidíme, že emise CO, NO_x a koncentrace C₆H₆ mají v porovnatelném období podobný charakter, zatímco emise PM mají v Evropě rozdílný (proměnlivý) charakter.

2.3. Kvalita ovzduší v Moravskoslezském kraji a městě Ostrava

V rámci praktické části této diplomové práce se budu detailněji zabývat městem Ostrava, které je součástí Moravskoslezského kraje (MSK). Situace v MSK v oblasti znečištění ovzduší vybranými látkami v letech 2002 - 2008 je znázorněna v Grafu č. 14.



Graf č. 14: Podíl jednotlivých zdrojů znečišťování na znečištění ovzduší v MSK (2002 – 2008) (ISŽP MSK, [online] 2011; Petřvalská, 2013)

Z Grafu č. 14 vyplývá, že hlavním producentem emisí všech vybraných látek v letech 2002 – 2008 byly vyjmenované zdroje. Druhým největším producentem byly v oblasti emisí TZL, CO a NO_x mobilní zdroje, v oblasti emisí SO₂ zase lokální topeniště.

Situace ve městě Ostrava v oblasti znečištění ovzduší vybranými látkami v roce 2002 je znázorněna v Tabulce č. 2.

Tabulka č. 2: Emise vybraných znečišťujících látek ve městě Ostrava v roce 2002 (Jančík et al., 2004; Petřvalská, 2013)

látka	vyjmenované zdroje	lokální topeniště	mobilní zdroje
	t/rok		
PM ₁₀	2 610.82	182.73	46.91
SO ₂	15 574.53	154.21	5.56
NO _x	12 136.82	99.47	520.14
CO	68 441.47	265.55	808.17
OC	1 521.76	65.87	196.56
benzen	1 331.90	10.12	4.25
B(a)P	0.00	0.03	136.12

Z Tabulky č. 2 lze vyčíst, že hlavním zdrojem emisí PM₁₀, SO₂, NO_x, CO, OC a benzenu byly vyjmenované zdroje, v oblasti emisí B(a)P zdroje mobilní. Hned druhým největším zdrojem emisí NO_x, CO a OC byly mobilní zdroje, u emisí PM₁₀, SO₂, B(a)P a benzenu se jednalo o lokální topeniště.

Obecně lze tedy říci, že hlavním producentem emisí v MSK i ve městě Ostrava jsou vyjmenované zdroje. Mobilní zdroje jsou však také důležitým zdrojem emisí, jelikož u mnohých látek jsou hned na druhém místě v produkci emisí.

3. VLIV DOPRAVY NA KVALITU OVZDUŠÍ

Doprava ovlivňuje kvalitu ovzduší produkcí znečišťujících látek – polutantů. Mezi polutanty produkované dopravou patří především oxid uhelnatý (CO), oxidy dusíku (NO_x), uhlovodíky (C_nH_m – benzen, benzo(a)pyren), těkavé organické látky (VOC), pevné částice (PM), oxid uhličitý (CO₂), oxid dusný (N₂O), oxid siřičitý (SO₂), polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH), polychlorované dibenzodioxiny/furany (PCDD/F), polychlorované bifenyly (PCB), fenoly, ketony, dehty a saze. K některým z nich si řekneme více v kapitole 3.1. Charakteristika vybraných látek (Adamec et al., 2008; Lapčík, 2011; Lang et al. [online], 2014).

Obecně lze tyto polutanty rozdělit na primární a sekundární. Primární polutanty nepodléhají chemickým ani fyzikálním změnám a mají svůj zdroj. Do této skupiny můžeme zařadit tzv. klasické škodliviny, mezi které patří: NO, SO₂, CO, řada uhlovodíků či suspendované částice. Sekundární polutanty nemají přímý zdroj, vznikají nebo se vyvíjejí při procesu transformace primárních polutantů. Patří zde např. O₃, NO₂ a aldehydy (Braniš, Hůnová, 2009; Onursal et al., 1997; Petřvalská, 2013).

Znečišťující látky v dopravě vznikají především při spalování pohonných hmot (do volného ovzduší jsou emitovány jako složky výfukových plynů). Mohou však vznikat také při provozu vozidel (opotřebováním součástí, otěrem pneumatik a brzdového obložení), při abrazi povrchu vozovky, korozi dopravních prostředků a doprovodného zařízení komunikací (košů, dopravních značek, osvětlení, svodidel), při manipulaci s pohonnými hmotami (skladováním, tankováním), při údržbě vozidel a při haváriích (Adamec et al., 2008; Kurfürst, 2008; Škapa, 2000; Petřvalská, 2013).

Tyto látky mohou působit na organismus přímo (CO) nebo nepřímo potravinovými řetězci (PAH). Většinou dochází ke spolupůsobení několika znečišťujících látek, které mohou svou účinnost vzájemně zvyšovat, ale i snižovat (Lapčík, 2011).

Působení těchto látek na živou přírodu je třeba hodnotit z několika hledisek:

1. genetických - sloučeniny s mutagenními či kancerogenními účinky (PAH)
2. toxických - látky způsobující otravy nebo i smrt (CO, NO_x)
3. ekologických – sledují se abiotické faktory ve vztahu k motorové dopravě (nasycené uhlovodíky a NO_x - podílejí se na vzniku fotochemického smogu) (Lapčík, 2011)

3.1. Charakteristika vybraných látek

Pro bližší charakteristiku byly vybrány látky, které jsou v oblasti znečišťování ovzduší dopravou nejvýznamnější.

3.1.1. Oxid uhelnatý (CO)

CO je bezbarvý plyn, bez zápachu, který je mírně hustší než vzduch. Vzniká v důsledku nedokonalého spalování fosilních paliv. Doprava je významným producentem emisí CO. Koncentrace CO se během dne liší v závislosti na charakteru provozu. Nejvyšších hodnot většinou dosahují v městských oblastech v době dopravních špiček.

Do těla vstupuje přes plíce. V krvi se silně váže na hemoglobin, vytváří tzv. karboxyhemoglobin. Blokuje okysličení krve v plicích, čímž snižuje množství kyslíku dodaného orgánům a tkáním. Může způsobit bolesti břicha, žaludeční nevolnost, zrakové a sluchové obtíže, bezvědomí, poruchy srdce a mozku. Při vysokých koncentracích (nad 750 mg/m^3) může způsobit i smrt.

V atmosféře setrvává okolo 3 měsíců. Dochází k jeho pomalé oxidaci na oxid uhličitý, čímž se podílí na skleníkovém efektu (Adamec et al., 2008; EEA (a) [online], 2012; EEA [online], 2014; Kurfürst, 2008; Onursal et al., 1997; Petřvalská, 2013; Elkafoury et al. [online], 2015).

3.1.2. Oxid dusičitý (NO₂)

NO₂ spolu s NO bývá označován jako suma dusíků - NO_x. Je to dráždivý plyn, který vzniká převážně oxidací NO. V dopravě vzniká při spalování směsi paliva a vzduchu (především u vznětových motorů).

Při vdechnutí je absorbován sliznicemi dýchacího ústrojí. Při krátkodobé expozici způsobuje kašel, rýmu, bolest v krku a zvýšenou citlivost na prach a pyl. Při dlouhodobých expozicích zase zánět sliznic, průdušek a plic (bronchitidu, bronchopneumonii, akutní plicní edém).

Podílí se také na okyselování dešťových srážek, vzniku fotochemického smogu a eutrofizaci vodních i suchozemských ekosystémů. V atmosféře také reaguje s PAH, za vzniku nitroderivátů (nitro-PAH), které mají karcinogenní a mutagenní účinky (Adamec et al., 2008; EEA (a) [online], 2012; EEA [online], 2014; Kurfürst, 2008; Onursal et al., 1997; Petřvalská, 2013).

3.1.3. Benzen (C₆H₆)

Benzen je bezbarvá kapalina charakteristického zápachu, která je běžnou složkou benzínu (dnes kolem 1%). V dopravě vzniká při nedostatku vzduchu během spalování, manipulaci, distribuci a skladování paliva.

Do těla se dostává převážně inhalací, poté je udržován v tukových tkáních a kostní dřeni. Je to karcinogenní a mutagenní látka, která ovlivňuje krevní, imunitní a centrální nervový systém. Způsobuje poškození plicních tkání, dýchacího ústrojí, kostní dřeni a také různé typy nádorových onemocnění, především leukémii (Adamec et al., 2008; EEA

(a) [online], 2012; EEA [online], 2014; Kurfürst, 2008; Onursal et al., 1997; Petřvalská, 2013).

3.1.4. Suspendované částice (PM)

Jedná se o směs pevných a kapalných částic, které jsou suspendovány ve vzduchu. Mezi jejich přírodní zdroje patří: pyly, mořská sůl, sopečný popel, váté písky a lesní požáry. Mají široký rozsah velikostí i chemického složení.

S dopravou jsou spojovány především částice $PM_{2,5}$ a PM_{10} . $PM_{2,5}$ jsou částice do 2,5 μm (jemná, respirabilní frakce) a v dopravě vznikají chemickými reakcemi při spalování paliva. PM_{10} jsou částice do 10 μm (hrubá frakce) a v dopravě vznikají otěrem pneumatik, zvěřením prachu z vozovek a spalovacími procesy.

Do těla pronikají vdechováním a dále postupují do plic, kde reagují s plicní tkání, což může vyvolat podráždění nebo poškození. Jejich škodlivost závisí především na chemickém složení. Obecně však způsobují především rakovinu plic a kardiovaskulární či respirační onemocnění.

Mohou způsobovat korozi materiálů, kulturního dědictví a mít negativní vliv na viditelnost, růst rostlin, klimatické a ekosystémové změny (Adamec et al., 2008; EEA (a) [online], 2012; EEA [online], 2014; Kurfürst, 2008; Onursal et al., 1997; Petřvalská, 2013; Shala et al., 2014).

3.1.5. Ozón (O_3)

Ozón je bezbarvý plyn, který se vyskytuje ve 2 vrstvách atmosféry. Ve stratosféře vzniká fotolýzou kyslíku a chrání zemi před ultrafialovým zářením (stratosférický ozón). V troposféře vzniká chemickými reakcemi emisí VOC, CO a NO_x s kyslíkem za přítomnosti slunečního záření a vysokých teplot (přízemní ozón). Přízemní ozón je hlavní složkou smogu a jeho nejvýznamnějším antropogenním zdrojem je doprava.

Co se týče zdraví, způsobuje především problémy s dýcháním, astmatická onemocnění, snížení funkčnosti plic a plicní onemocnění.

Je vstřebáván rostlinami a způsobuje biochemické a fyziologické procesy, které mohou způsobit poškození rostlin a zamezení růstu, což vede ke sníženým výnosům zemědělských plodin, redukci lesních porostů a biodiverzity. Způsobuje také globální oteplování, vznik fotochemického smogu a degradaci staveb (Adamec et al., 2008; Braniš, Hůnová, 2009; EEA (a) [online], 2012; EEA [online], 2014; Kurfürst, 2008; Onursal et al., 1997).

3.2. Emisní limity pro spalovací motory

Emisní limity jsou stanoveny normou Euro. Jedná se o závaznou emisní normu Evropské unie stanovující limitní hodnoty výfukových exhalací.

První norma Euro vznikla v roce 1992 a vycházela z předpisu US-83 Federal, který vznikl ve Spojených státech amerických. Přibližně co 4 roky vyjde nová norma (nyní máme 6 norem), přičemž platí, čím novější norma (vyšší číslo), tím přísnější limity. Emisní limity pro jednotlivé normy a sledované polutanty osobních vozidel jsou zaznamenány v Tabulce č. 3 (Lapčík, 2011; Petřvalská, 2013; Sajdl [online], 2014).

Tabulka č. 3: Emisní limity pro osobní vozidla dle norem EURO (Sajdl [online], 2014)

norma	rok přijetí	CO		HC + NO _x		NO _x		PM		
			g/km							
		benzín	diesel	benzín	diesel	benzín	diesel	benzín	diesel	
EURO 1	1992	3.16	3.16	1.13	1.13	-	-	-	0.18	
EURO 2	1996	2.2	1	0.5	0.7	-	-	-	0.08	
EURO 3	2000	2.3	0.64	-	0.56	0.15	0.5	0.2	0.05	
EURO 4	2005	1	0.5	-	0.3	0.08	0.25	0.1	0.025	
EURO 5	2009	1	0.5	-	0.23	0.06	0.18	0.1	0.005	
EURO 6	2014	1	0.5	-	0.17	0.06	0.08	0.1	0.005	

3.3. Studené starty

Studené starty patří mezi nestandardní jízdní režimy. Jedná se o situaci, kdy vozidla se zcela nebo částečně vychladlým motorem jsou nastartována a musí urazit určitou dráhu, která je nutná pro zahřátí motoru a katalyzátoru na optimální pracovní teplotu. V této situaci produkuje motor největší množství škodlivin (tzv. víceemisí – CO, C_nH_m, NO_x) a třicestný katalyzátor ještě není schopen tyto škodliviny účinně eliminovat. Především na počátku jízdy (1 – 2 km od nastartování) víceemise řádově převyšují emise z běžného provozu vozidla. Produkce víceemisí je významná především při hodnocení emisní bilance automobilové dopravy ve městech, jelikož jsou zde vozidla využívána především ke krátkým jízdám (Šiška et al. [online], 2013).

Při provozu vozidel dochází k produkci znečišťujících látek (především CO, NO₂, C₆H₆, PM a O₃), které mají negativní vliv na kvalitu ovzduší, lidské zdraví i životní prostředí. Ke snižování tohoto negativního vlivu přispívá především zavedení emisních norem EURO, obměna vozového parku a pravidelný monitoring.

4. STANOVENÍ EMISÍ Z DOPRAVY NA ULICI ČESKOBRATRSKÁ

V rámci této práce byly stanoveny emise znečišťujících látek CO, NO₂ a PM na ulici Českobratrská v měsících září, říjnu a listopadu roku 2012.

Pro výpočet byly potřebné následující údaje:

- data ze sčítání dopravy
- emisní faktory
- poměrové zastoupení pohonných hmot ve vozovém parku ČR
- intenzity dopravy
- emise resuspendovaných částic ze zpevněných komunikací (Petřvalská, 2013)

4.1. Data ze sčítání dopravy

Byla použita data ze sčítání dopravy na křižovatce ulic Českobratrské a Sokolské třídy v měsících září, říjnu a listopadu v roce 2012. Sčítání probíhala v rámci předmětu ochrana ovzduší a byla prováděna studenty VŠB-TUO fakulty HGF. Počet vozidel byl zaznamenáván do sčítacích listů (viz Obr. č. 1), dle příslušných kategorií:

- nákladní vozidla - lehká, střední (s přívěsem, bez přívěsu), těžká (s přívěsem, bez přívěsu), návěsové soupravy
- autobusy a trolejbusy – sólové, kloubové
- traktory – s přívěsem, bez přívěsu
- osobní automobily
- motocykly

[illegible]

Obr. č. 1: Vzorový sčítací list (CDV, [online] 2014; Petřvalská, 2013)

Pro výpočet byly použity počty osobních automobilů, lehkých nákladních vozidel, těžkých nákladních vozidel (součet středních nákladních vozidel, těžkých nákladních vozidel a návěsových souprav) a autobusů na ulici Českobratrská. Počet odečtených vozidel (dle kategorií, dat a času sčítání) je zaznamenán v Příloze č. 1 (Petřvalská, 2013).

4.2. Emisní faktory

Hodnoty faktorů pro jednotlivé látky byly stanoveny pomocí programu MEFA v. 02. Tento program umožňuje výpočet univerzálních emisních faktorů pro všechny základní kategorie vozidel. Vstupními údaji jsou: výpočtový rok, kategorie vozidla, typ paliva, emisní úroveň vozidla, rychlost jízdy, podélný sklon vozovky a znečišťující látka (MŽP, [online] 2008 – 2012; Petřvalská, 2013).

Pro výpočet byla použita vstupní data v Tabulce č. 4 (Petřvalská, 2013).

Tabulka č. 4: Vstupní data (Petřvalská, 2013)

Použitá vstupní data		
rok	2010	
rychlost jízdy	5 km/h	
podélný sklon vozovky	0 %	
emisní úroveň	osobní CNG	EURO 2
	BUS LPG	EURO 2
	BUS CNG	EURO 3
	zbytek	konvenční

Výsledné hodnoty emisních faktorů jsou uvedeny v Tabulce č. 5 (Petřvalská, 2013).

Tabulka č. 5: Výsledné hodnoty faktorů (Petřvalská, 2013)

osobní automobily	Benzín	Nafta	LPG	CNG
CO	25.1472	0.9402	14.9537	1.8094
NO ₂	0.0149	0.9769	0.009	0.0073
PM	0.0012	1.1479	0.0012	0.0007
lehká nákladní vozidla	-	Nafta	-	-
CO	-	14.4514	-	-
NO ₂	-	3.6224	-	-
PM	-	2.3072	-	-
těžká nákladní vozidla	-	Nafta	-	-
CO	-	158.8933	-	-
NO ₂	-	48.8421	-	-
PM	-	19.6185	-	-
autobusy	-	Nafta	LPG	CNG
CO	-	111.7811	1.8005	0.1419
NO ₂	-	25.372	0.1384	0.1842
PM	-	24.0884	0.0349	0.0250

4.3. Poměrové zastoupení pohonných hmot ve vozovém parku ČR

Toto poměrové zastoupení bylo nutné zjistit u osobních automobilů a autobusů, jelikož používají různé typy pohonných hmot (viz. Tabulka č. 6) (Petřvalská, 2013).

Tabulka č. 6: Poměrové zastoupení pohonných hmot ve vozovém parku ČR (Petřvalská, 2013; Žarlová, 2012)

	benzín	nafta	LPG	CNG
osobní vozidla	69,27 %	27,88 %	2,84 %	0,01 %
autobusy	-	97,01 %	1,12 %	1,87 %

4.4. Intenzity dopravy

Intenzity dopravy pro jednotlivé hodiny každého dne v týdnu, dle jednotlivých kategorií vozidel byly vypočteny dle TP č. 189 Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích (II. vydání).

Pro výpočet byla použita data ze sčítání dopravy a denní a týdenní variace intenzit dopravy dle TP č. 189. Jelikož jsou v TP č. 189 denní a týdenní variace intenzit dopravy uvedeny dle jednotlivých kategorií vozidel, kategorií komunikací a ročních období, byly tyto variace vybrány takto:

- variace pro kategorii I – silnice I. třídy bez statutu mezinárodní silnice včetně průjezdných úseků těchto silnic (ulice Československá spadá do této kategorie)
- variace pro podzimní období (sčítání vozidel bylo provedeno v měsících září, října a listopadu – podzimní období)
- pro osobní automobily a autobusy variace pro danou kategorii, pro lehká a těžká nákladní vozidla variace pro nákladní vozidla (v TP č. 189 nejsou nákladní vozidla rozdělena)

Hodnoty použitých denních a týdenních variací intenzit dopravy jsou uvedeny v Přílohách č. 2 a 3.

Výpočet probíhal tímto způsobem:

Hodnoty odečtené při sčítání dopravy v daných hodinách jsme vydělili podílem intenzity dané hodiny na denní intenzitě dopravy (dle TP č. 189). Z výsledných hodnot jsme pomocí aritmetického průměru stanovili, jaká poměrná část dopravy připadá na 1% poměrné denní intenzity (dále jen APden). Hodnoty APden jsme vydělili podílem denní variace intenzity daného dne na týdenním průměru denních intenzit (dle TP č. 189), čímž jsme zjistili, jaká poměrná část dopravy připadá na 1% poměrné týdenní intenzity. Z výsledných hodnot každého dne jsme stanovili aritmetický průměr pro celý týden (dále jen APTýden). Hodnotou APTýden jsme násobili podíly denní variace intenzity daného dne na týdenním průměru denních intenzit (dle TP č. 189), čímž jsme stanovili, jaký podíl má daný den na týdenní intenzitě dopravy. Touto hodnotou jsme násobili podíly intenzity dané hodiny na denní intenzitě dopravy (dle TP č. 189), čímž jsme vypočetli intenzitu dopravy v jednotlivých hodinách každého dne.

Výpočtové tabulky intenzit dopravy pro jednotlivé měsíce jsou k dispozici na příloženém CD v souboru zdrojové výpočty (Petřvalská, 2013).

4.5. Stanovení emisí

Pro výpočet emisí byly použity vypočtené hodnoty intenzity dopravy pro jednotlivé hodiny každého dne v týdnu, emisní faktory pro jednotlivé kategorie vozidel a poměrné zastoupení pohonných hmot ve vozovém parku v ČR.

Postup výpočtu emisí jednotlivých látek pro jednotlivé hodiny každého dne v týdnu:

- lehká a těžká nákladní vozidla - vypočtené hodnoty intenzity dopravy x emisní faktor pro danou látku
- osobní automobily a autobusy - vypočtená hodnota intenzity dopravy x ((poměr paliva A x emisní faktor látky pro palivo A/100) + (poměr paliva B x emisní faktor látky pro palivo B/100) + (poměr paliva C x emisní faktor látky pro palivo C/100) + (poměr paliva D x emisní faktor látky pro palivo D/100))

Celkové emise jednotlivých látek daného dne jsme vypočetli sečtením emisí daných látek za jednotlivé hodiny u každého dne.

Celkové emise jednotlivých látek za jednotlivé měsíce pro všechny kategorie vozidel jsme vypočítali:

- vynásobením celkových emisí jednotlivých látek daných dnů počty jednotlivých dnů v daných měsících = množství emisí daných látek vyprodukované ve všech jednotlivých dnech v týdnu v jednotlivých měsících
- sečtením všech hodnot emisí daných látek vyprodukovaných ve všech jednotlivých dnech v týdnu v jednotlivých měsících

Jednotlivé výpočty jsou k dispozici na příloženém CD v souboru zdrojové výpočty (Petřvalská, 2013).

4.6. Výpočet emisí resuspendovaných částic ze zpevněných komunikací

K vypočteným emisím PM, bylo potřeba přičíst emise resuspendovaných částic. Výpočet byl proveden dle Metodického pokynu odboru ochrany ovzduší MŽP pro vypracování rozptylových studií, přílohy č. 3: Metodika výpočtu resuspendovaných částic tuhých znečišťujících látek z povrchu zpevněných komunikací.

Pro výpočet byl použit vzorec:

$$E = [k \times sL^{0,91} \times (W \times 1,1)^{1,02}] \times (1 - P/4N)$$

kde:

E = emisní faktor (g/km ujetý vozidlem)

k = násobitel závislý na velikosti řešené frakce (g/km ujetý vozidlem)

sL = zátěž povrchu silnice prachovými částicemi (g/m²)

W = průměrná hmotnost vozidla (t)

P = počet dnů s úrovní srážek ≥ 1 mm z celkového počtu dnů N (MŽP [online], 2012)

4.6.1. Hodnota násobitele „k“

Hodnota násobitele „k“ byla vybrána pro PM₃₀ dle hodnot z Metodického pokynu (viz Tabulka č.7).

Tabulka č. 7: Hodnoty násobitele „k“ pro jednotlivé frakce (MŽP [online], 2012)

PM _{2,5}	0.15
PM ₁₀	0.62
PM ₁₅	0.77
PM ₃₀	3.23

4.6.2. Hodnota zátěže povrchu silnice prachovými částicemi (sL)

Hodnota zátěže povrchu silnice prachovými částicemi (sL) byla vypočtena dle vzorce:

$$sL = a + b \times \exp(-c \times ADT) + d \times \exp(-e \times ADT)$$

kde:

ADT = průměrný denní počet vozidel na komunikaci

konstanty:

$$a = 2,98836366438775 \times 10^{-2}$$

$$b = 0,291164802583441$$

$$c = 9,43038520274373 \times 10^{-4}$$

$$d = 0,369564444341721 \text{ (MŽP [online], 2012)}$$

- a) Průměrný denní počet vozidel (ADT) byl vypočítán z intenzit dopravy dle vzorce:

ADT = celkový počet vozidel za dané tři měsíce / počtem dnů v daných třech měsících

$$ADT = 1587635,21 / 91$$

$$ADT = 17446,54$$

- b) Konečný výpočet hodnoty sL:

$$sL = 2,98836366438775 \times 10^{-2} + 0,291164802583441 \times \exp(-9,43038520274373 \times 10^{-4} \times 17\,446,54) + 0,369564444341721 \times \exp(-3,32212994363627 \times 10^{-4} \times 17\,446,54)$$

$$sL = 0,031 \text{ g/m}^2$$

4.6.3. Průměrná hmotnost vozidla (W)

Průměrná hmotnost vozidla (W) byla vypočtena z intenzit dopravy dle jednotlivých kategorií vozidel (viz Tabulka č. 8) a průměrných hmotností jednotlivých kategorií vozidel (viz Tabulka č. 9)

Tabulka č. 8: Počet vozidel za září, říjen, listopad dle jednotlivých kategorií (autor)

OA	LV	TV a A	suma aut
1453521.80	55239.18	78874.23	1587635.21

Tabulka č. 9: Průměrné hmotnosti jednotlivých kategorií vozidel (OPŽP [online], 2015)

OA	LV	TV a A
[t]		
1.6	4	20

Hodnota W byla vypočtena dle vzorce:

$$W = [(\text{počet OA} \times \text{průměrná hmotnost OA}) + (\text{počet LV} \times \text{průměrná hmotnost LV}) + (\text{počet TV a A} \times \text{hmotnost TV a A})] / (\text{počet OA} + \text{počet LV} + \text{počet TV a A})$$

$$W = [(1453521,80 \times 1,6) + (55239,18 \times 4) + (78874,23 \times 20)] / (1587635,21)$$

$W = 2,6 \text{ t}$

4.6.4. Hodnoty N a P

Počet celkových dnů v těchto měsících (N) je 91. Počet dnů s úrovní srážek $\geq 1\text{mm}$ v daných měsících byl zjištěn z historických dat ČHMÚ (viz Tabulka č. 10).

Tabulka č. 10: Počet dnů s úrovní srážek $\geq 1\text{mm}$ v září, říjnu a listopadu v roce 2012 (CHMI [online], 2013)

měsíc	počet dnů
září	7
říjen	10
listopad	6
suma	23

4.6.5. Výsledek

Konečný výpočet emisního faktoru (E):

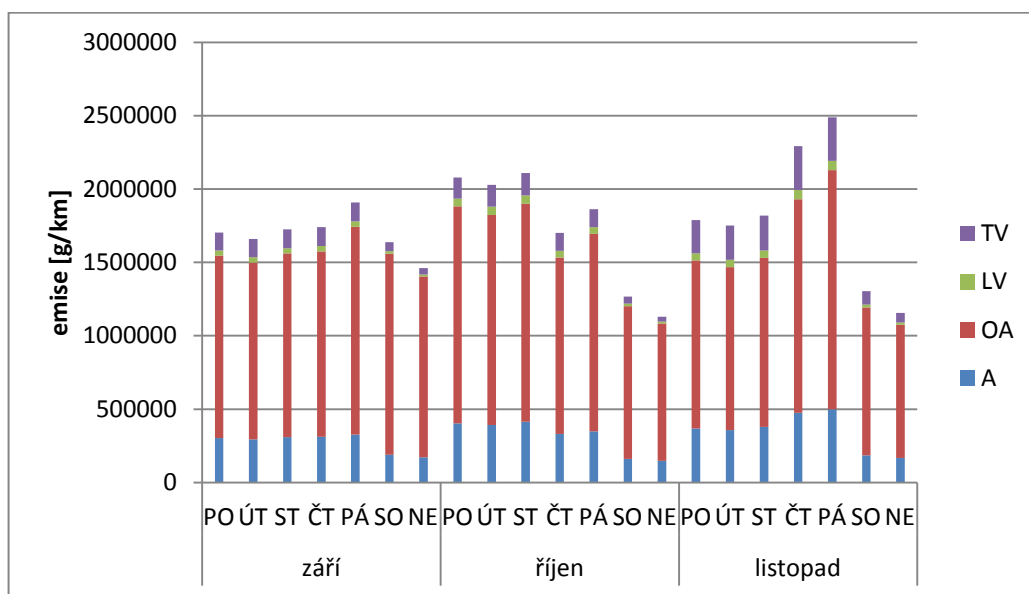
$$E = 3,23 \times 0,031^{0,91} \times (2,60 \times 1,1)^{1,02} \times (1 - 23/4 \times 91)$$

$E = 0,375 \text{ g/km}$

Tato hodnota byla použita při výpočtu emisí PM jako další emisní faktor (viz příložené CD – soubor zdrojové výpočty).

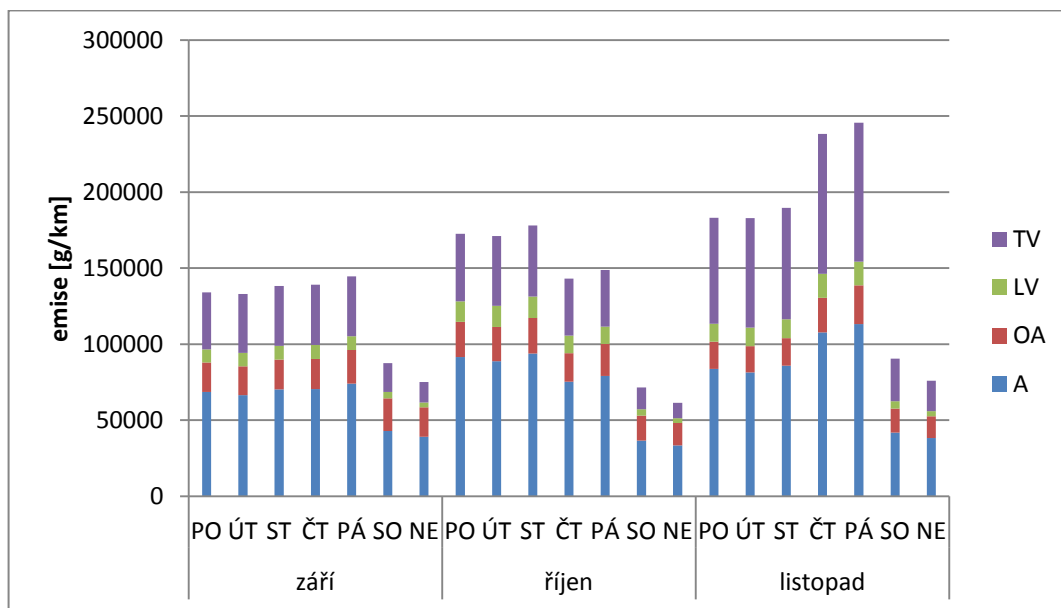
4.7. Výsledky

Výsledné hodnoty emisí, dle dnů v týdnu a měsíců, jsou zaznamenány v následujících grafech (č. 15, 16 a 17).



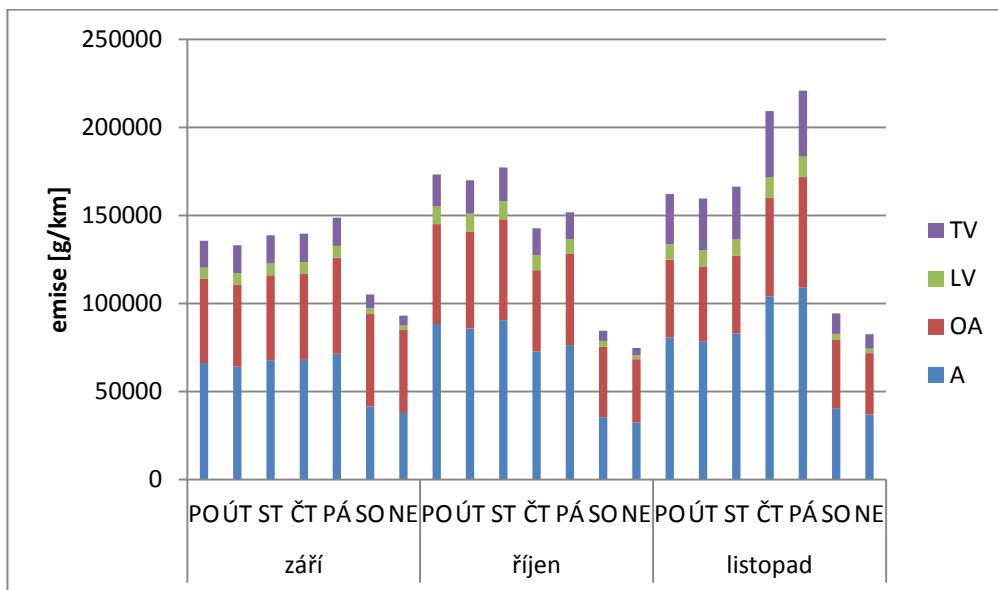
Graf č. 15: Celkové emise CO vyprodukované dopravou v měsících září, říjnu a listopadu 2012(autor)

Z Grafu č. 15 je zřejmé, že největším producentem emisí CO byly, v těchto třech měsících, osobní automobily, poté autobusy, těžká vozidla a lehká vozidla.



Graf č. 16: Celkové emise NO₂ vyprodukované dopravou v měsících září, říjnu a listopadu 2012 (autor)

Na rozdíl od oblasti emisí CO, kde byly největším producentem osobní automobily, v rámci emisí NO₂ toto místo zaujaly autobusy. Druhým největším producentem byla těžká vozidla, třetím osobní automobily a čtvrtým lehká vozidla (viz Graf č. 16).



Graf č. 17: Celkové emise PM vyprodukované dopravou v měsících září, říjnu a listopadu 2012 (autor)

Stejně jako v oblasti emisí NO₂, byly největším producentem emisí PM, v těchto třech měsících, autobusy. Druhé místo ovšem zauímají osobní automobily, třetí těžká vozidla a čtvrté opět lehká vozidla (viz Graf č. 17).

Celkově dosahovaly nejvyšších hodnot emise CO, poté NO₂ a PM. Obecně lze říci, že trend emisí všech znečišťujících látek v jednotlivých měsících je podobný. V září a listopadu bylo celkově nejvyšších hodnot dosaženo v pátky, v říjnu zase ve středu. V rámci celého období bylo nejvyšších hodnot dosaženo v pátky v měsíci listopadu.

5. STANOVENÍ IMISÍ Z DOPRAVY NA ULICI ČESKOBRATRSKÁ

V rámci této práce byly stanoveny imise znečišťujících látek CO, NO₂ a C₆H₆ na ulici Českobratrská v měsících září, říjnu a listopadu roku 2012 pomocí modelu CALINE 4.

CALINE 4 je liniový disperzní model vyvinutý Kalifornským ministerstvem dopravy pro odhad úrovně znečištění ovzduší do 500 m od vozovky. Jedná se o liniový zdroj jako série prvků konečné délky, každý orientovaný kolmo k větru. Pro zlepšení účinnosti výpočtu je délka každého prvku stanovena na základě jeho vzdálenosti od receptoru zájmu (Heist et al. [online], 2013).

Výpočet byl proveden pro látky CO, NO₂ a C₆H₆, neboť právě tyto látky jsou měřeny na automatizované stanici HOT-SPOT na ulici Českobratrská. Tato skutečnost je stěžejní pro porovnání výsledných dat s daty z imisního monitoringu.

Jelikož model CALINE 4 dokáže stanovit pouze imise CO, NO₂ a PM, byly stanoveny imise PM a následně pomocí přepočtového koeficientu převedeny na imise C₆H₆.

Imise byly stanoveny pouze ve dnech, kdy probíhalo sčítání dopravy.

K výpočtu bylo třeba znát pracovní parametry, spouštěcí podmínky, geometrii vozovek, aktivitu vozovek a pozice receptorů.

5.1. Pracovní parametry

V pracovních parametrech bylo nutné zadat typ polutantu, rychlost depozice, aerodynamický koeficient drsnosti, spouštěcí typ a nadmořskou výšku (viz Obr. č. 2).

The screenshot displays the 'Job Parameters' tab of the CALINE 4 software. The interface includes a menu bar at the top with options: Job Parameters, Run Conditions, Link Geometry, Link Activity, Receptor Positions, Results, Help, and About. The main area contains several input fields and radio button groups. The 'Job Filename' field is set to 'C:\Users\renata\Desktop\diplomka\caline\vzory caline\CO-vzor.dat', and the 'Job Title' is 'EXAMPLE ONE: AT-GRADE SECTION'. In the 'Pollutants' section, 'Carbon Monoxide' is selected as the pollutant type, with a molecular weight of 28, a settling velocity of 'n/a' cm/s, and a deposition velocity of 0 cm/s. The 'Aerodynamic Roughness Coefficient' is set to 'Central Business District'. The 'Run Type' section has 'Standard' selected. The 'Model Information' section shows 'Link/Receptor Geometry Units' as 'Meters', 'Altitude Above Sea Level' as 212 meters, 'Number of Links' as 2, 'Number of Receptors' as 1, and 'Averaging Interval' as 1 hour. At the bottom, there are buttons for 'Save', 'Save As...', 'Run Caline4', and 'Close CL4'.

Obr. č. 2: Pracovní parametry CALINE 4 (Caltrans [online], 2015)

Co se týče typu polutantu, byly postupně vybrány všechny 3, tedy CO, NO₂ i PM.

Rychlost depozice bylo nutné zadat pouze při výpočtu imisí PM. Pro reprezentaci celkových PM byla vybrána hodnota pro střední prachové částice - 0,6 cm/s (Kursa et al., 1998).

Aerodynamický koeficient drsnosti byl určen jako Central Business District (Centrální obchodní čtvrť), jelikož se sledovaná oblast nachází v centru města (Caltrans [online], 2015).

Spouštěcí typ byl vybrán standardní, jelikož pracuje se zadanými směry větru a jeho výstupem jsou hodinové průměrné koncentrace (Caltrans [online], 2015).

Nadmořská výška byla vyčtena z mapy, hodnota je 212 m. n. m. (Seznam [online], 2015).

5.2. Spouštěcí podmínky

Ke spouštěcím podmínkám patří rychlost větru, směr větru, standardní odchylka směru větru, atmosférická třída stability, směšovací výška, okolní teplota a okolní koncentrace (viz Obr. č. 3).

Job Parameters	Run Conditions	Link Geometry	Link Activity	Receptor Positions	Results	Help	About
Run: Hour 1							
Wind Speed (≥ 0.5 m/sec)		4					
Wind Direction (0-360°)		135					
Wind Direction Std. Dev. (5-60°)		20					
Atmospheric Stability Class (1-7)		6					
Mixing Height (≥ 5 m)		5					
Ambient Temperature (°C)		23					
Ambient CO Concentration (≥ 0 ppm)		0.24					

Atmospheric Stability Class	Valid Wind Speed (m/s)
1	< 4.0
2	< 5.5
3	< 1000
4	< 1000
5	< 5.5
6	< 4.5
7	< 3.5

Obr. č. 3: Spouštěcí podmínky CALINE 4 (Caltrans [online], 2015)

Hodnoty rychlostí větru, směrů větru a okolních teplot byly zjištěny pro jednotlivé dny, kdy byla počítána doprava, v archivu počasí. Výsledné hodnoty jsou zaznamenány v Tabulce č. 11.

Tabulka č. 11: Hodnoty rychlostí větru, směrů větru a okolních teplot ve dnech počítání (In-pocasi [online], 2012)

datum	směr větru (°)	rychlost větru (m/s)	teplota (°C)
24. 9.	135	4	23
25. 9.	158	4	20
26. 9.	158	7	24
29. 9.	158	4	19
5. 10.	225	5	16
9. 10.	225	4	13
16. 10.	158	2.5	11
17. 10.	158	3.5	13
18. 10.	135	3.5	19
27. 10.	23	6.5	4
30. 10.	225	4	2
13. 11.	68	2.5	8
14. 11.	113	3.5	7

19. 11.	113	3.5	8
20. 11.	135	3.5	11
21. 11.	158	3.5	7

Standardní odchylky směru větru (sigma theta) byly určeny dle hodiny, ve které probíhalo sčítání dopravy, a geografické lokace (pro centrum města). Hodnoty jsou zaznamenány v Tabulce č. 12 (Caltrans [online], 2015).

Tabulka č. 12: Hodnoty standardní odchylky směru větru dle hodin (Caltrans [online], 2015)

hodina	standardní odchylka směru větru (°)
6 - 10	5
10 - 17	20
17 - 21	5
21 - 6	10

Atmosférické třídy stability byly určeny dle vyskytujících se rychlostí větru. Jsou zaznamenány v Tabulce č. 13 (Caltrans [online], 2015).

Tabulka č. 13: Hodnoty atmosférické třídy stability dle rychlostí větru (Caltrans [online], 2015)

rychlost větru (m/s)	atmosférická třída stability
7; 6.5	3
5	5
4; 3.5	6
2.5	7

Směšovací výška je výška, ve které dochází k teplotním turbulencím vlivem solárního ohřevu země. Pro výpočet byla vybrána hodnota 5 m (Caltrans [online], 2015).

Pro výpočet imisí jednotlivých látek, je nutné znát jejich okolní koncentrace. Pouze u imisí NO₂ je nutné znát také okolní koncentrace O₃ a NO. Tyto hodnoty byly získány z odborné zprávy Státního zdravotního ústavu (SZU). Koncentrace CO, NO₂, NO a O₃ musely být převedeny na jednotky ppm, neboť model CALINE 4 pracuje právě s těmito jednotkami (pouze v případě koncentrace PM je možné zadat příslušnou hodnotu v µg/m³). Výsledné hodnoty jsou zaznamenány v Tabulce č. 14.

Tabulka č. 14: Hodnoty okolních koncentrací jednotlivých látek (SZU [online], 2010)

látka	hodnota [µg/m ³]	hodnota [ppm]
NO	11	0.0054
NO ₂	9.5	0.0046
PM	19.5	.
CO	300	0.2400

O ₃	66.2	0.0309
----------------	------	--------

Pro výpočet imisí NO₂ je nutné znát také rychlostní konstantu fotolýzy NO₂ (0,004/s) a poměr stanovený pomocí stechiometrického koeficientu NO₂/NO_x (0,075) (Caltrans [online], 2015).

5.3. Geometrie vozovek

V této sekci bylo nutné zadat popis vozovek, typ vozovek, X a Y souřadnice vozovek a šířku mísicí zóny (viz Obr. č. 4).

Job Parameters	Run Conditions	Link Geometry	Link Activity	Receptor Positions	Results	Help	About			
	Link Description	Link Type	X1	Y1	X2	Y2	Link Height	Mixing Zone Width	Canyon/Bluff Mix Left	Canyon/Bluff Mix Right
►	Českobratrská	At-Grade	-433	-250	433	250	0	16	0	0
	Sokolská	At-Grade	-220	450	220	-450	0	16	0	0

Obr. č. 4: Složka geometrie vozovek CALINE 4 (Caltrans [online], 2015)

Jako popis vozovek byly vybrány názvy příslušných ulic, tedy Českobratrská a Sokolská.

Typ vozovek byl vybrán z předem definovaných typů. Místním podmínkám nejlépe vyhovoval typ At-Grade, jelikož se jedná o typ vozovky v úrovni terénu (Caltrans [online], 2015).

X a Y souřadnice vozovek jsou zaznamenány v Obr. č. 4. Byly vybrány, jelikož nejlépe charakterizují danou křižovatku.

Šířka mísicí zóny by měla odpovídat šířce vozovky, ke které jsou z obou stran přičteny 3 m. U těchto vozovek této šířce odpovídá hodnota 16 m (Caltrans [online], 2015).

5.4. Aktivita vozovek

V této části bylo nutné vyplnit hodinovou intenzitu dopravy a emisní faktory (viz Obr. č.5).

Job Parameters	Run Conditions	Link Geometry	Link Activity	Receptor Positions	Results	Help	About
Link Desc. \ Run:	Traffic Volume (vph) Hour 1	CO Emiss. Factor (g/mi) Hour 1					
Českobratrsk	24	23.2523					
Sokolská	12	23.2523					

Obr. č. 5: Složka aktivita vozovek CALINE 4 (Caltrans [online], 2015)

Pro obě vozovky byly jako intenzity dopravy zadány počty vozidel dle jednotlivých měsíců, dnů, hodin a typů vozidel ze sčítání dopravy. Byly vybrány pouze ty dny a hodiny, ve kterých byla doprava sčítána pro obě vozovky. Použité hodnoty pro vozovky Českobratrská a Sokolská, jsou uvedeny v Přílohách č. 4 a 5.

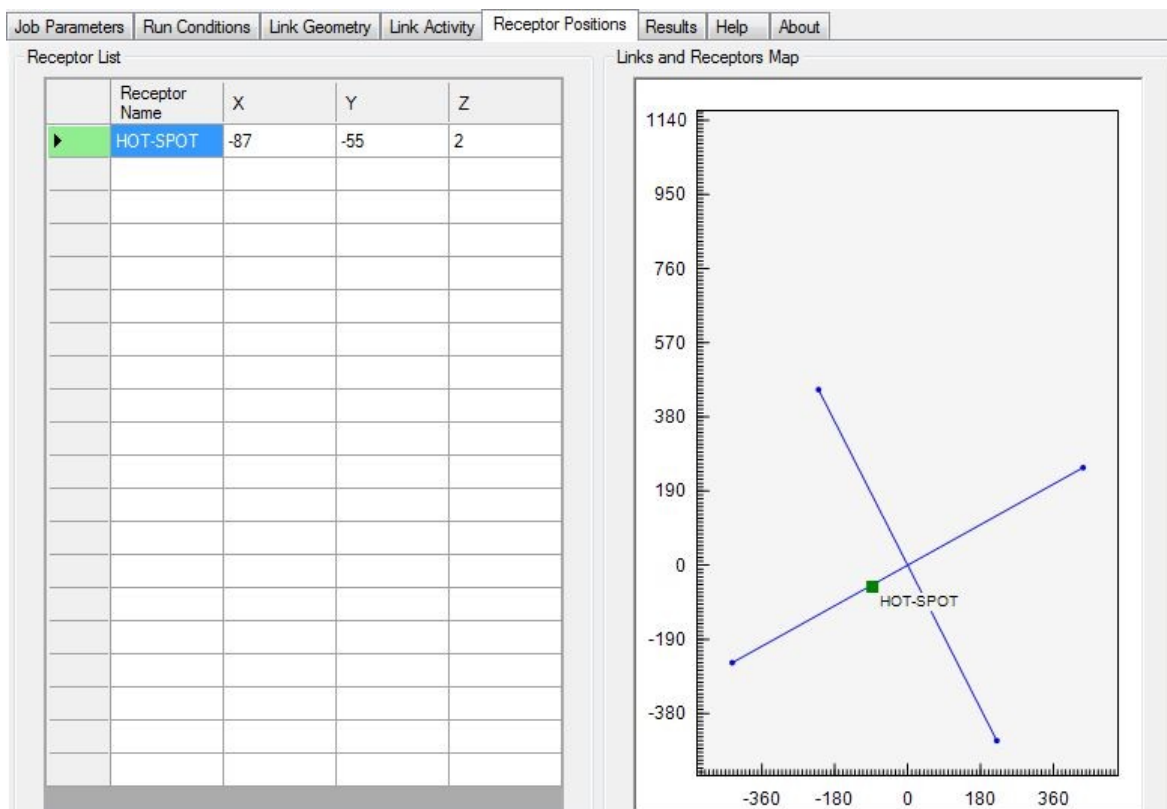
Emisní faktory CO, NO₂ a PM, pro jednotlivé typy vozidel, byly vypočteny v programu MEFA v. 02 (viz kapitola 4.2.). Emisní faktory pro OA a A byly přepočítány dle poměrového zastoupení pohonných hmot ve vozovém parku ČR (viz. kapitola 4.3.), a to následovně: emisní faktor pro danou látku a palivo x poměrové zastoupení daného paliva / 100. Poté musely být všechny emisní faktory převedeny na jednotku g/mil, a to následovně: emisní faktor x 1,609. Emisní faktory pro OA a A byly následně sečteny, aby bylo možné pro každou látku zadat 1 emisní faktor. Výsledné hodnoty jsou zaznamenány v Tabulce č. 15.

Tabulka č. 15: Emisní faktory (g/mil) (autor)

	LV	TV	A	OA
CO	23.2523	255.6593	174.5148	29.1333
NO ₂	19.3987	261.8982	132.3823	4.8705
PM	3.7123	31.5662	37.6007	0.5163

5.5. Pozice receptorů

V této sekci bylo nutné vyplnit název receptoru a X,Y a Z souřadnici receptoru. Součástí této sekce je i mapa s umístěním vozovek a receptoru (viz Obr. č. 6).



Obr. č. 6: Složka pozice receptorů CALINE 4 (Caltrans [online], 2015)

Receptor byl nazván jako HOT-SPOT, jelikož má reprezentovat stanici HOT-SPOT na ulici Českoobratrská. Tomuto faktu odpovídají i jeho souřadnice (viz Obr. č. 6).

5.6. Výpočet

Po uložení veškerých předchozích dat byl spuštěn výpočet. Výpočet byl proveden pro každý typ vozidla, hodinu a den zvlášť. Ve výsledcích byla uvedena výsledná koncentrace a příspěvek jednotlivých vozovek k této koncentraci.

Výsledky imisí CO a NO₂ byly v jednotkách ppm. Pro porovnání s daty z imisního monitoringu musely být převedeny na jednotku µg/m³.

Výsledky imisí PM byly převedeny na imise C₆H₆. Přepočtový koeficient byl odvozen z map pětiletých průměrů ročních koncentrací obou látek, každoročně zveřejňovaných ČHMÚ. Přepočet byl následující:

1. imise PM x (pětiletá průměrná roční koncentrace C₆H₆ / pětiletá průměrná roční koncentrace PM)
2. imise PM x (3,5 / 45,5)
3. imise PM x 0,0769 (CHMI (c) [online], 2014)

Jednotlivé výpočty jsou k dispozici na příloženém CD v souboru zdrojové výpočty.

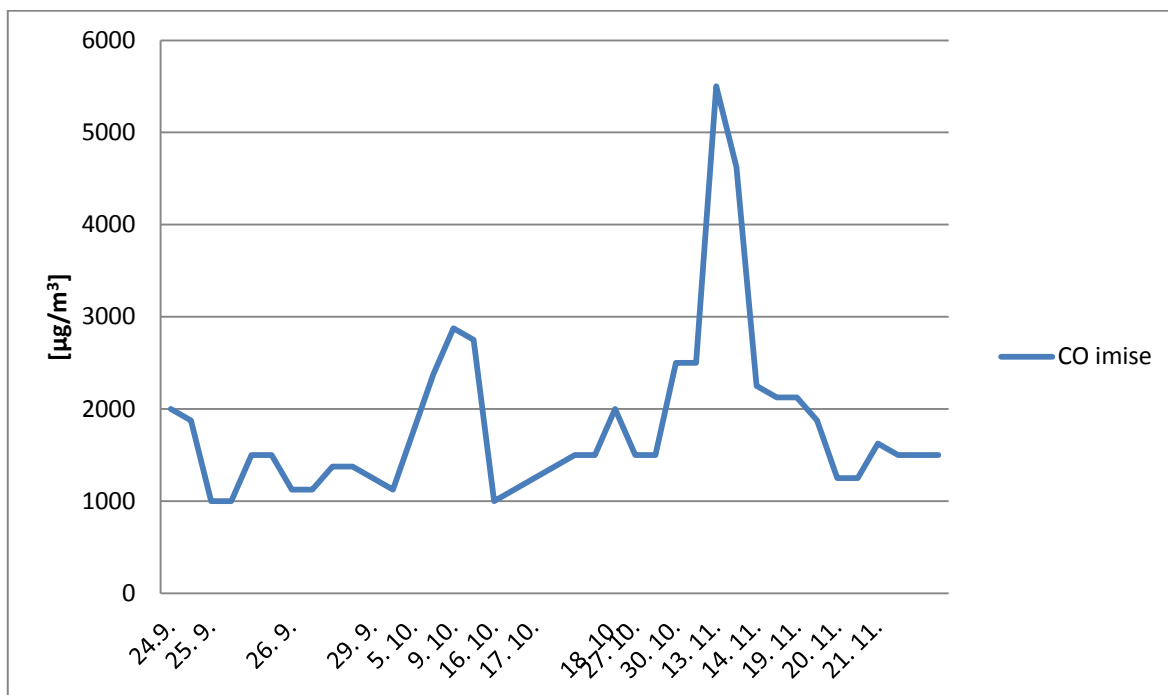
5.7. Výsledky

Výsledné hodnoty emisí jsou zaznamenány v následující tabulce (č. 16) a grafech (č. 18, 19 a 20).

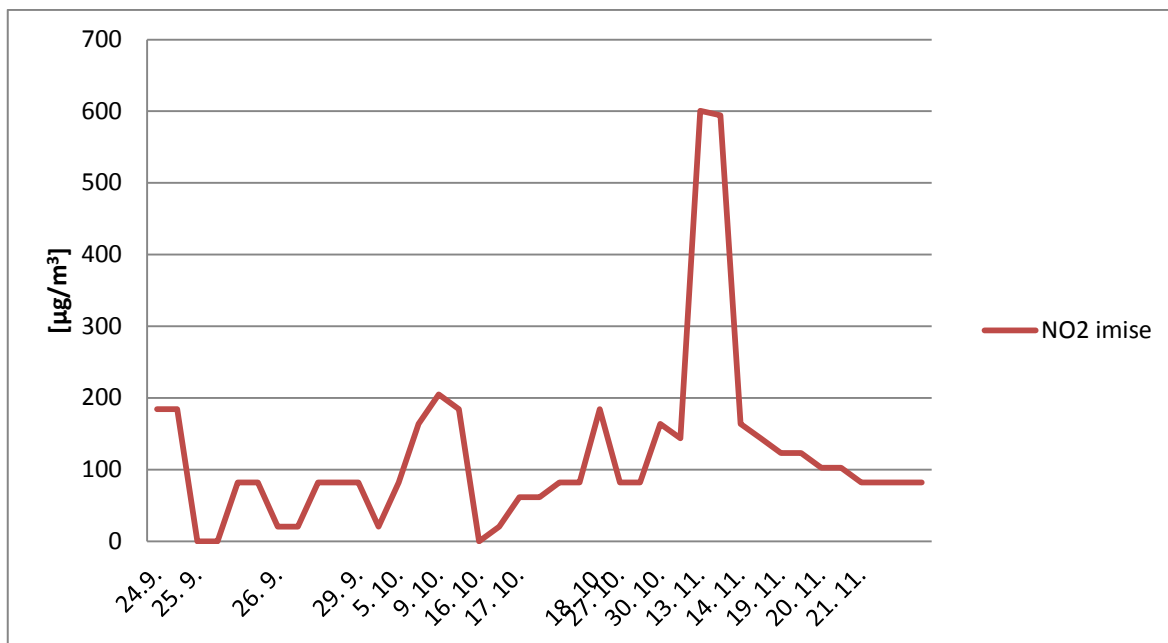
Tabulka č. 16: Celkové emise znečišťujících látek vyprodukované dopravou dle vybraných hodin a dnů v měsících září, říjnu a listopadu (autor)

látka			CO	NO ₂	C ₆ H ₆
den	datum	čas [h]	μg/m ³		
Pondělí	24. 9.	10 - 11	2000	184.5	9.5356
		11 - 12	1875	184.5	9.23569
Úterý	25. 9.	10 - 11	1500	82	7.21322
		11 - 12	1500	82	7.02866
		3 - 4	1000	0	6.09817
		4 - 5	1000	0	6.152
Středa	26. 9.	8 - 9	1125	20.5	6.32118
		9 - 10	1125	20.5	6.32118
		12 - 13	1375	82	6.921
		13 - 14	1375	82	6.8441
Sobota	29. 9.	16 - 17	1250	82	6.56726
		17 - 18	1125	20.5	6.2289
Úterý	9. 10.	10 - 11	2875	205	13.27294
		11 - 12	2750	184.5	12.81923
	16. 10.	3 - 4	1000	0	6.21352
		4 - 5	1125	20.5	6.25197
	30. 10.	12 - 13	2500	164	12.03485
		13 - 14	2500	143.5	10.88135
Středa	17. 10.	8 - 9	1250	61.5	6.82103
		9 - 10	1375	61.5	6.85948
		12 - 13	1500	82	7.52082
		13 - 14	1500	82	7.57465
Čtvrtek	18. 10.	10 - 11	2000	184.5	10.33536
Pátek	5. 10.	9 - 10	1750	82	8.22061
		10 - 11	2375	164	12.08868
Sobota	27. 10.	16 - 17	1500	82	7.59772
		17 - 18	1500	82	7.39009
Pondělí	19. 11.	10 - 11	2125	123	9.3049
		11 - 12	1875	123	9.12034
Úterý	13. 11.	10 - 11	5500	600.65	26.05372
		11 - 12	4625	594.5	25.05402
	20. 11.	3 - 4	1250	102.5	6.8441

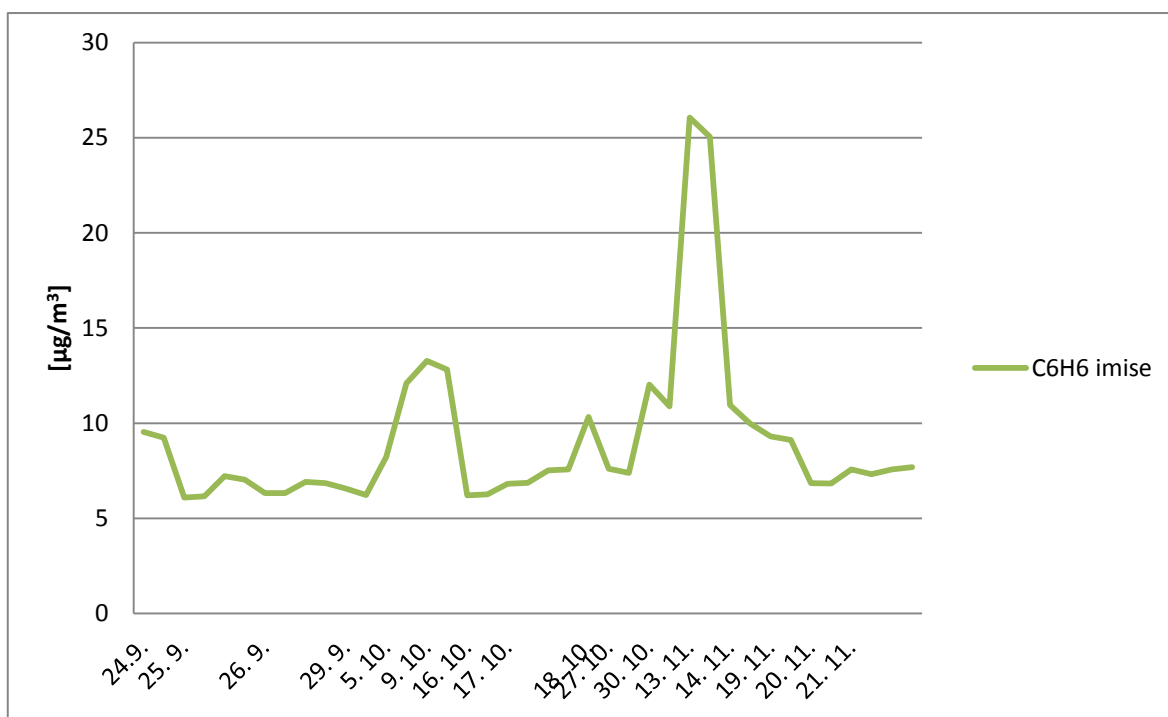
		4 - 5	1250	102.5	6.83641
Středa	14. 11.	8 - 9	2250	164	10.95825
		9 - 10	2125	143.5	9.98162
	21. 11.	10 - 11	1625	82	7.57465
		11 - 12	1500	82	7.32088
		12 - 13	1500	82	7.56696
		13 - 14	1500	82	7.69769



Graf č. 18: Celkové imise CO vyprodukované dopravou dle vybraných dnů v měsících září, říjnu a listopadu 2012(autor)



Graf č. 19: Celkové imise NO₂ vyprodukované dopravou dle vybraných dnů v měsících září, říjnu a listopadu 2012 (autor)



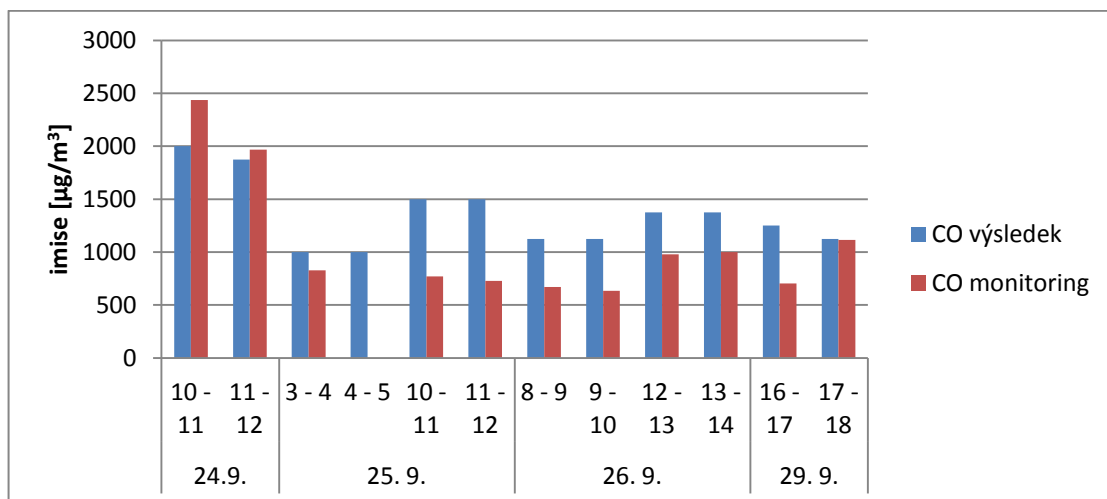
Graf č. 20: Celkové imise C₆H₆ vyprodukované dopravou dle vybraných dnů v měsících září, říjnu a listopadu 2012 (autor)

Z Tabulky č. 16 a Grafů č. 18, 19 a 20 lze vyčíst, že nejvyšších hodnot dosahovaly imise CO, poté NO₂ a nakonec imise C₆H₆. Trend imisí je ve sledovaném období pro všechny znečišťující látky značně podobný. Vzájemná závislost je zřejmá mezi CO a C₆H₆

a to především v měsíci listopadu. Nejvyšších hodnot dosahovaly imise všech znečišťujících látek dne 13. 11. mezi 10 a 11 hodinou.

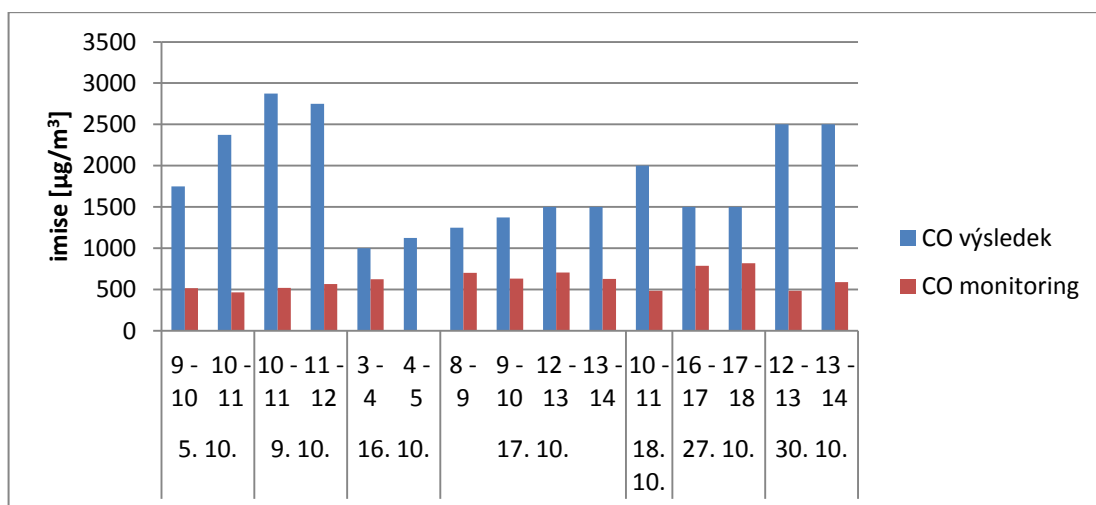
6. SROVNÁNÍ VÝPOČTENÝCH DAT S DATY Z AUTOMATIZOVANÉHO IMISNÍHO MONITORINGU

Výsledné hodnoty emisí CO, NO₂ a PM (viz kapitola 5.) byly srovnány s verifikovanými daty z automatizovaného emisního monitoringu, které nám byly poskytnuty odborem ochrany ovzduší ČHMÚ (Krejčí, 2013). Tato data odpovídala příslušným hodinám a dnům, ve kterých byly emise vypočítány. Srovnání je znázorněno v Grafech č. 21 až 29.



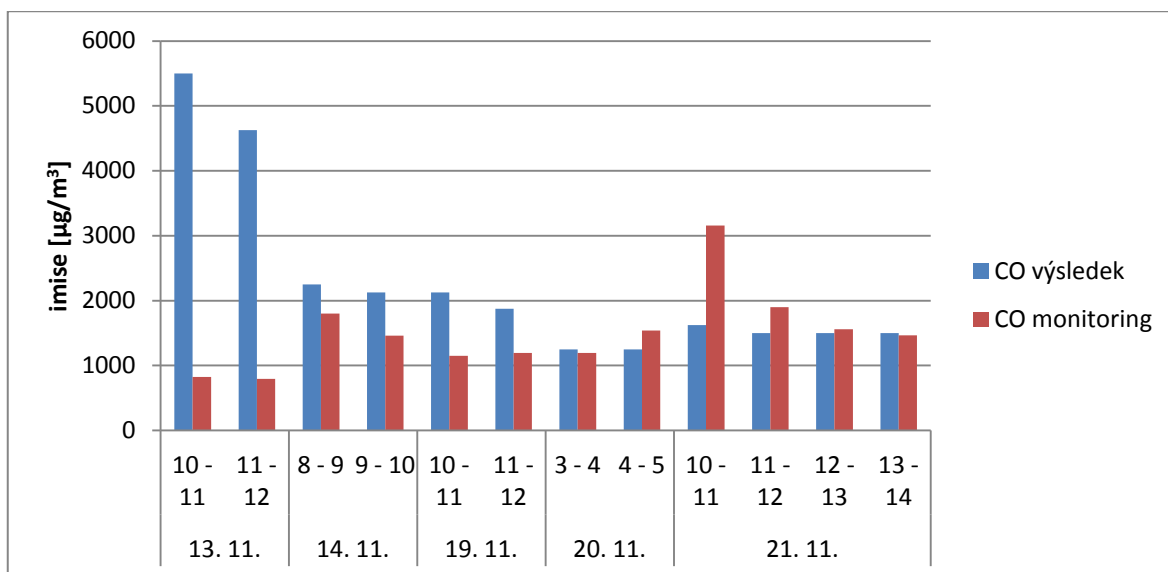
Graf č. 21: Srovnání emisí CO vyprodukovaných dopravou s daty z emisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci září (autor)

Výsledné hodnoty emisí CO v měsíci září, jsou převážně mírně vyšší než hodnoty z emisního monitoringu. Pouze v případě emisí ze dne 24. 9. jsou tyto hodnoty naopak nižší, než hodnoty z emisního monitoringu (viz Graf č. 21).



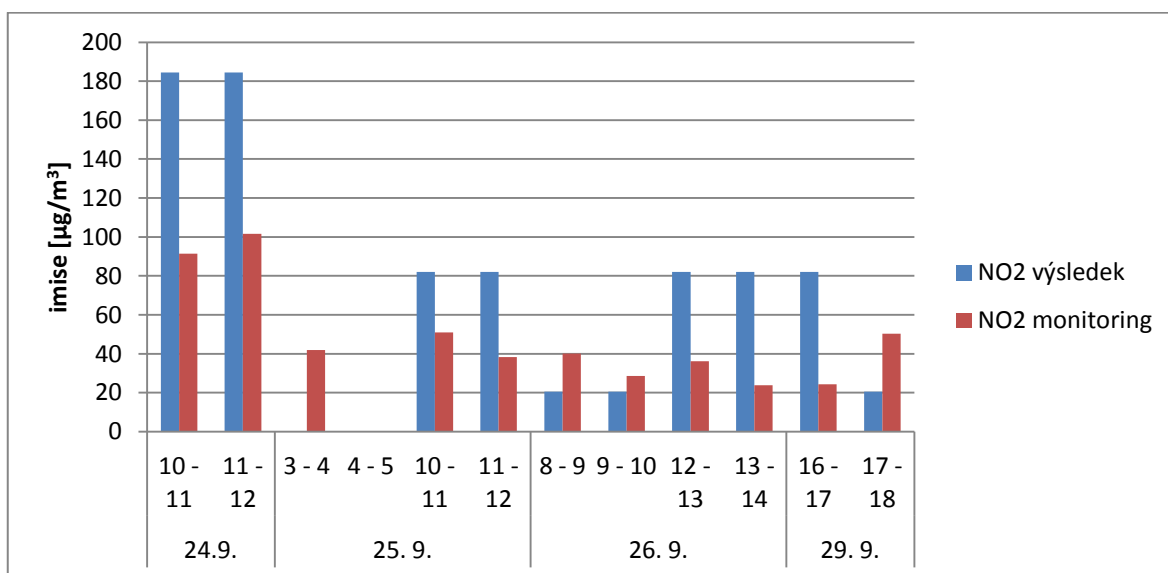
Graf č. 22: Srovnání emisí CO vyprodukovaných dopravou s daty z emisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci říjnu (autor)

Výsledné hodnoty imisí CO v měsíci říjnu, jsou značně vyšší než hodnoty z imisního monitoringu, především ve dnech 9. a 30. října (viz Graf č. 22).



Graf č. 23: Srovnání imisí CO vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci listopadu (autor)

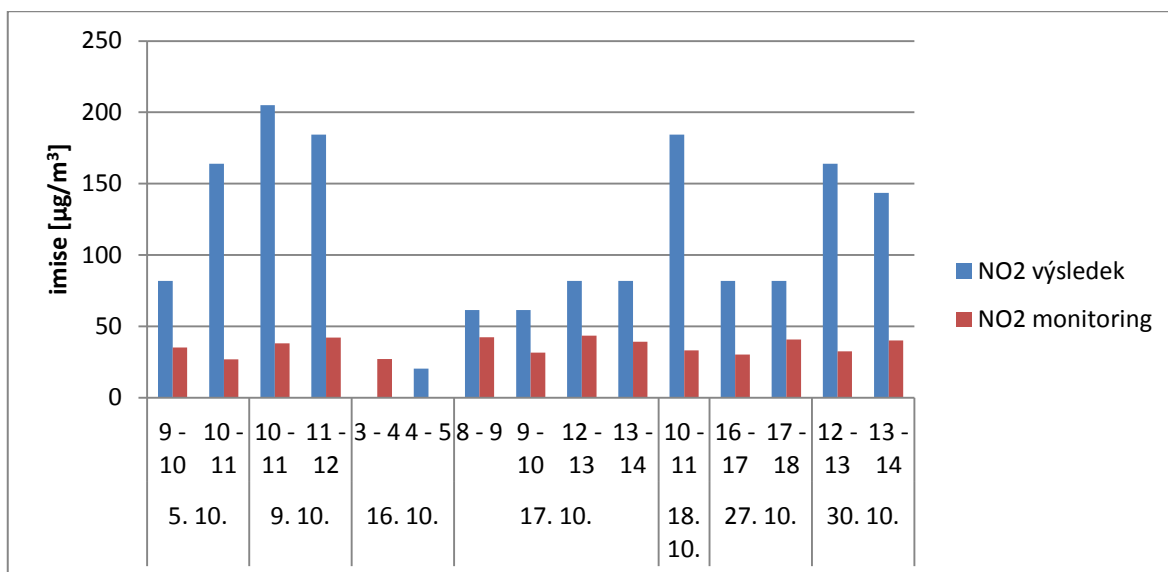
Výsledné hodnoty imisí CO v měsíci listopadu, jsou převážně vyšší než hodnoty z imisního monitoringu, především dne 13. 11. Naopak dne 20. 11. (4 – 5 hod.) a 21. 11. (10 – 13 hod.) jsou výsledné hodnoty nižší (viz Graf č. 23).



Graf č. 24: Srovnání imisí NO₂ vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci září (autor)

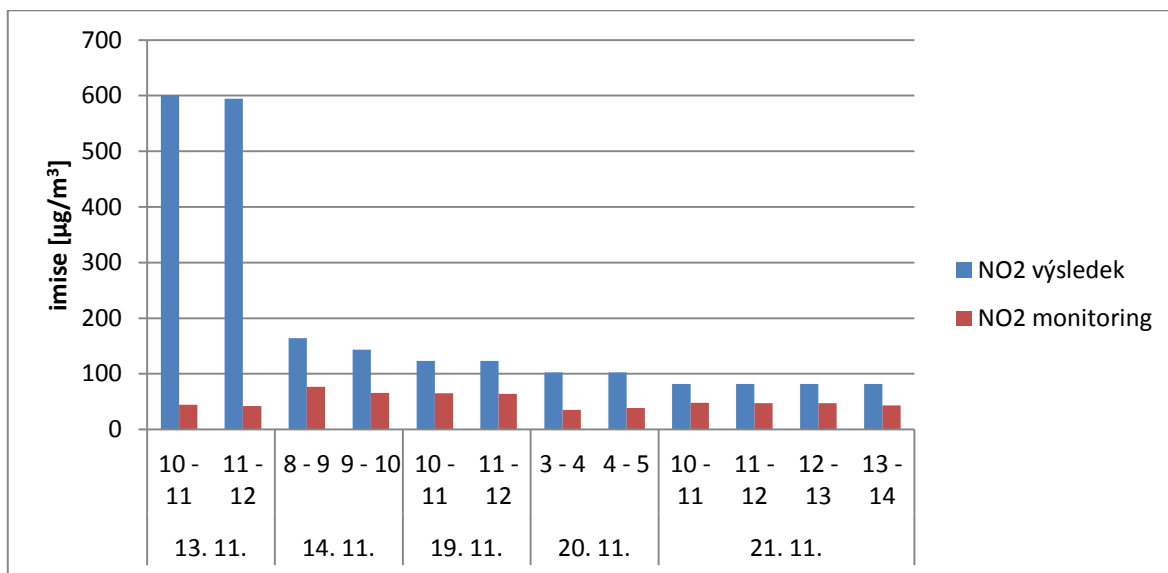
Výsledné hodnoty imisí NO₂ v měsíci září jsou 24. 9., 25. 9. (10 – 12 hod.), 26. 9. (12 – 14 hod.) a 29. 9. (16 – 17 hod.) vyšší než hodnoty z imisního monitoringu. Naopak

25. 9. (3 – 4 hod.), 26. 9. (8 – 10 hod.) a 29. 9. (17 – 18 hod.) jsou výsledné hodnoty nižší (viz Graf č. 24).



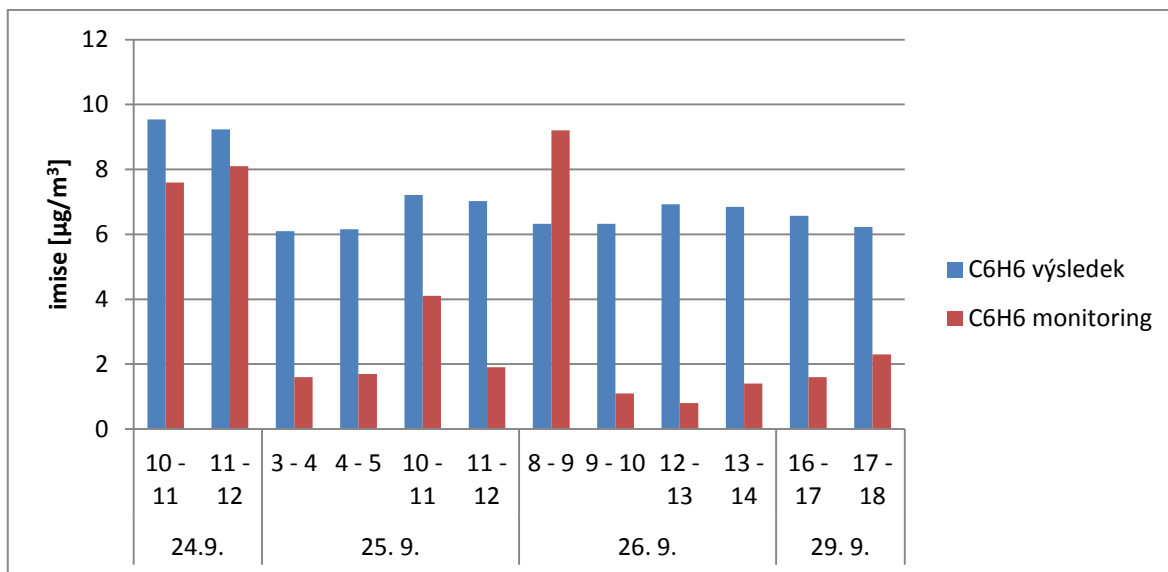
Graf č. 25: Srovnání emisí NO₂ vyprodukovaných dopravou s daty z emisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci říjnu (autor)

Výsledné hodnoty emisí NO₂ v měsíci říjnu jsou značně vyšší než hodnoty z emisního monitoringu, kromě hodnot ze dne 16. 10. (3 – 4 hod.) (viz Graf č. 25).



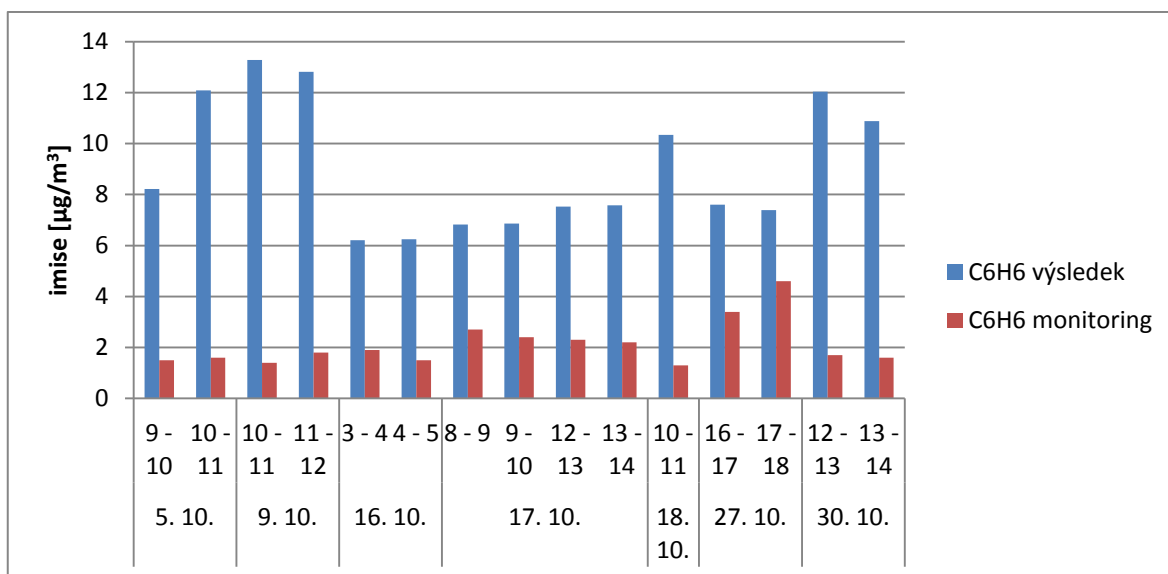
Graf č. 26: Srovnání emisí NO₂ vyprodukovaných dopravou s daty z emisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci listopadu (autor)

Výsledné hodnoty emisí NO₂ v měsíci listopadu jsou ve všech sledovaných dnech a hodinách vyšší než hodnoty z emisního monitoringu, především 13. 11. (viz Graf č. 26).



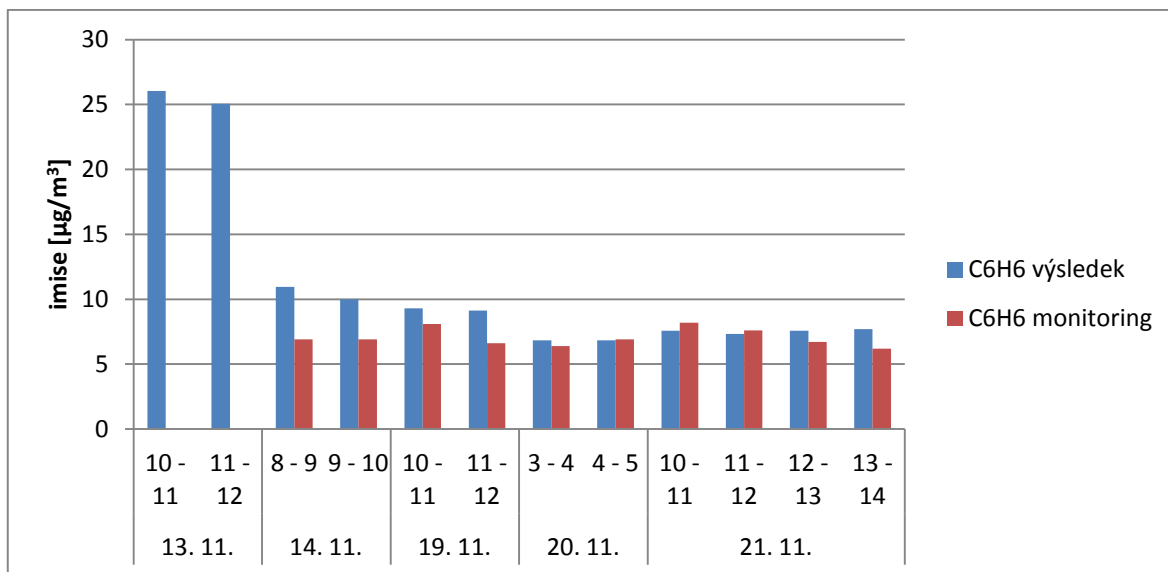
Graf č. 27: Srovnání imisí C_6H_6 vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci září (autor)

Výsledné hodnoty imisí C_6H_6 v měsíci září jsou převážně vyšší než hodnoty z imisního monitoringu, pouze 26. 9. (8 – 9 hod.) jsou tyto hodnoty nižší (viz Graf č. 27).



Graf č. 28: Srovnání imisí C_6H_6 vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci říjnu (autor)

Výsledné hodnoty imisí C_6H_6 v měsíci říjnu jsou ve všech sledovaných dnech a hodinách značně vyšší než hodnoty z imisního monitoringu (viz Graf č. 28).

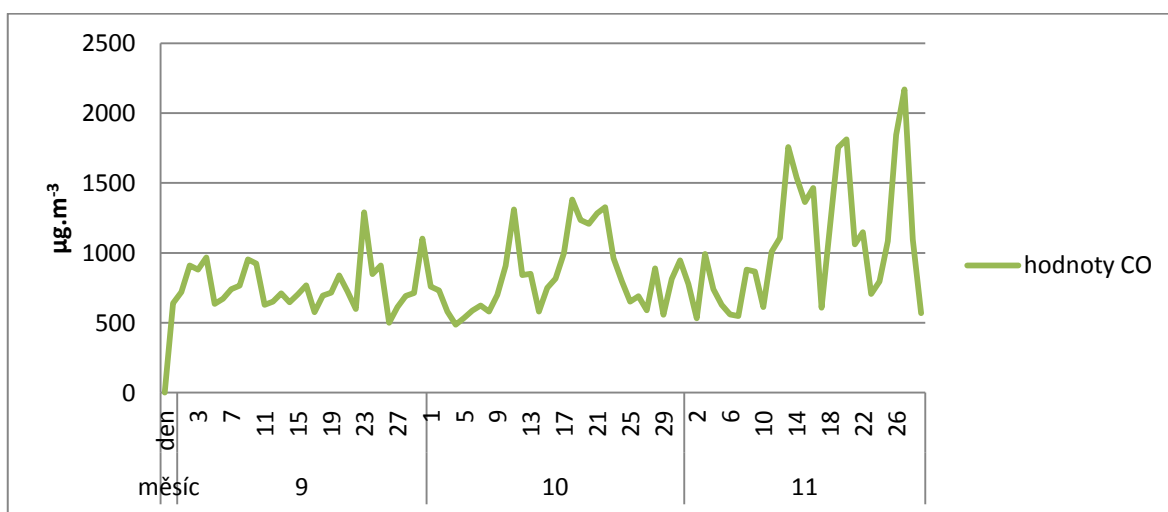


Graf č. 29: Srovnání imisí C_6H_6 vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci listopadu (autor)

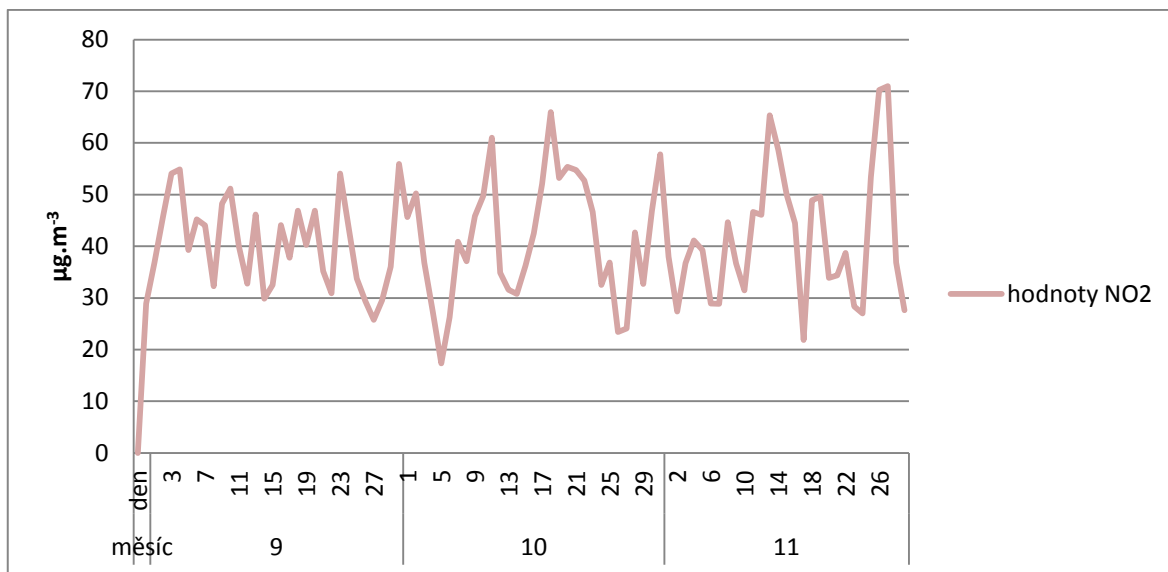
Výsledné hodnoty imisí C_6H_6 v měsíci listopadu jsou převážně vyšší než hodnoty z imisního monitoringu. Pouze 21. 11. (10 – 12 hod.) jsou tyto hodnoty nižší a 20. 11. (4 – 5 hod.) téměř shodné s hodnotami z imisního monitoringu (viz Graf č. 29).

Obecně lze říci, že výsledné hodnoty imisí všech znečišťujících látek jsou převážně vyšší než hodnoty z imisního monitoringu.

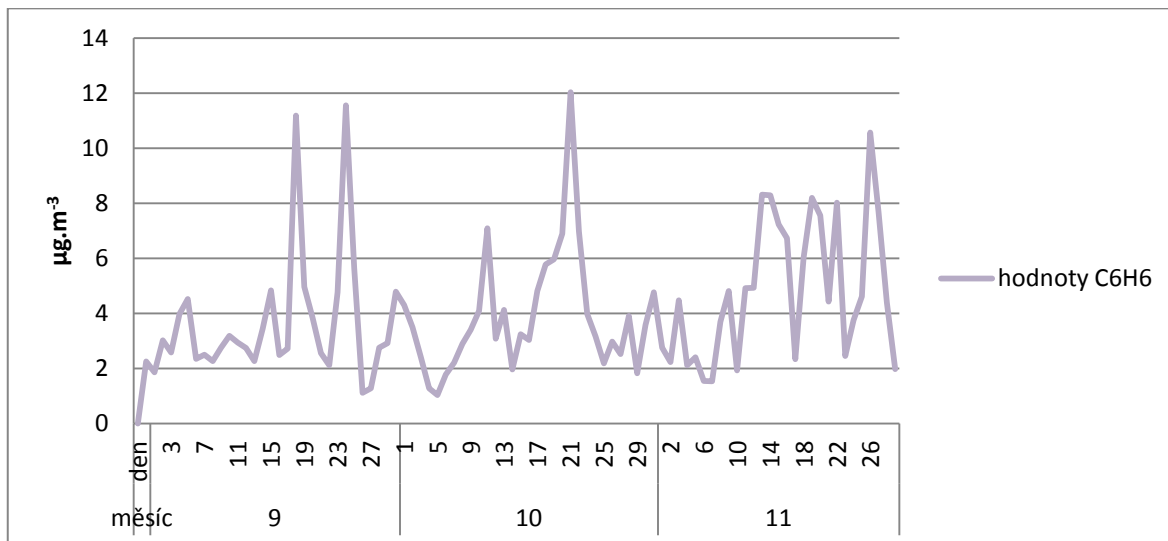
Jelikož byly imise vypočítány pouze pro dny, kdy probíhalo sčítání dopravy, byly pro celkové zhodnocení imisní situace dané lokality vytvořeny grafy celkového průběhu imisí jednotlivých znečišťujících látek během těchto 3 měsíců z průměrných denních hodnot automatizovaného imisního monitoringu (viz Grafy č. 30 až 32).



Graf č. 30: Celkový průběh imisí CO během měsíců září, října a listopadu roku 2012 (autor; Krejčí, 2013)



Graf č. 31: Celkový průběh imisí NO₂ během měsíců září, října a listopadu roku 2012 (autor; Krejčí, 2013)



Graf č. 32: Celkový průběh imisí C₆H₆ během měsíců září, října a listopadu roku 2012 (autor; Krejčí, 2013)

Z Grafů č. 30, 31 a 32 vyplývá, že trend imisí je proměnlivý. V oblasti imisí CO a C₆H₆ dochází v 2. polovině každého měsíce (především listopadu) ke značnému zvýšení. V oblasti imisí NO₂ dochází k tomuto zvýšení pouze v měsících říjnu a listopadu. Tento fakt může být ovlivněn imisemi z jiného zdroje či zvýšením přepravních výkonů.

7. DISKUZE

Hlavním cílem této diplomové práce byl výpočet emisí a imisí vybraných znečišťujících látek na ulici Českobratrská v měsících září, říjnu a listopadu roku 2012.

Výsledné hodnoty emisí i imisí mohou být zatíženy chybou ze sčítání vozidel. Pro zjištění spolehlivosti sčítání vozidel byl z výsledných hodnot intenzit dopravy (viz kapitola 4.4.) vypočítán denní 16 hod. (5:00 – 21:00) průměr intenzity dopravy na ulici Českobratrská pro rok 2012, a to následujícím způsobem. Byly stanoveny denní 16 hod. průměry intenzity dopravy pro jednotlivé měsíce (září, říjen a listopad) a kategorie vozidel. Tyto průměry byly vyděleny podíly intenzit daného měsíce na roční intenzitě dopravy dle kategorií vozidel (dle TP č. 189). Z těchto hodnot byly vypočítány aritmetické průměry, kterými byly násobeny podíly intenzit daného měsíce na roční intenzitě dopravy. Tímto způsobem jsme získali denní 16 hod. průměry intenzity dopravy jednotlivých kategorií vozidel pro všechny měsíce. Ty byly následně sečteny a získali jsme denní 16 hod. průměry intenzity dopravy jednotlivých kategorií vozidel pro rok 2012. Tyto hodnoty byly také sečteny, čímž byl vypočítán celkový denní 16 hod. průměr intenzit dopravy pro rok 2012, který činil 16 102 vozidel (jednotlivé výpočty jsou k dispozici na přiloženém CD v souboru zdrojové výpočty). Tento průměr byl následně srovnán s hodnotou denního 16 hod. průměru intenzity dopravy na ulici Českobratrská pro rok 2012, který byl zaznamenán odborem dopravy Magistrátu města Ostravy a činí 18 668 vozidel (Ostravské komunikace, a.s. [online], 2013). Námi vypočtená hodnota se od hodnoty Magistrátu liší o 13 %.

Po srovnání výsledných hodnot imisí s daty z automatizovaného imisního monitoringu bylo zjištěno, že výsledné hodnoty byly většinou vyšší než hodnoty z imisního monitoringu. Tento fakt je ovlivněn především zadanými směry větru, které byly získány z historických dat. Tato data reprezentují denní průměry, ale v denní hodinu, ve které probíhalo sčítání dopravy, mohl být směr větru odlišný.

Tyto nepřesnosti by bylo možné stanovit metodou Monte Carlo. Tato stochastická metoda má široké využití od simulace experimentů, přes počítání určitých integrálů, až po řešení diferenciálních rovnic. Základním cílem této metody je určení střední hodnoty veličiny, která je výsledkem náhodného děje. Vytvoří se počítačový model tohoto děje a po proběhnutí dostatečného množství simulací se mohou data zpracovat klasickými statistickými metodami (Hřebík [online], 2015).

Použitý model CALINE 4 by mohl být porovnán s modelem AEOLIUS. Jedná se o atmosférický disperzní model vyvinutý Britskou meteorologickou službou, který stanovuje koncentrace znečišťujících látek v prostředí silničních kaňonů. Existují verze Screen, Q a Full. Verze Screen a Q vypočítávají koncentrace znečišťujících látek pouze pro paralelní a kolmé povětrnostní podmínky, zatímco verze Full je pokročilejší a může

pracovat s širší škálou povětrnostních podmínek (Harris [online], 2004; Vardoulakis [online], 2007).

Bylo by také vhodné rozšířit sčítací období na celý rok, který by lépe reprezentoval situaci na ulici Českobratrská. Poté by mohly být vypočítány imise pro celý rok, které by také byly následně srovnány s daty z automatizovaného imisního monitoringu. Toto porovnání by díky prodloužení sledovacího období lépe prokazovalo, zda takto vypočtené imise odpovídají datům z imisního monitoringu.

Přínosné by bylo také zjištění závislostí mezi emisními faktory, kategoriemi vozidel a imisemi, které by stanovily, jakou měrou určité kategorie vozidel a typy paliva přispívají k produkci imisí.

8. ZÁVĚR

Tato diplomová práce byla zaměřena na problematiku znečištění ovzduší silniční dopravou. Hlavním cílem této práce byl výpočet emisí (CO, NO₂ a PM) a imisí (CO, NO₂ a C₆H₆) na ulici Českobratrská (město Ostrava), na základě sčítání dopravy v září, říjnu a listopadu roku 2012 a následné srovnání imisních dat s daty z automatizovaného imisního monitoringu.

První kapitola této práce je obecným úvodem do problematiky znečištění ovzduší a charakteristiky vlivu dopravy jako zdroje znečišťování. Znečišťování ovzduší je dnes celosvětovým problémem. Jedním ze zdrojů znečišťování ovzduší je i doprava, přičemž nejproblematictější druhem dopravy je právě doprava silniční. V ČR je vliv dopravy na kvalitu ovzduší pravidelně monitorován na vybraných stanicích automatického imisního monitoringu.

Druhá kapitola je věnována charakteristice kvality ovzduší v Evropě, České republice, Moravskoslezském kraji a městě Ostrava. V Evropě došlo v letech 2003 – 2012 ke snížení emisí mnoha znečišťujících látek, především SO₂, CO a C₆H₆. Co se týče negativního vlivu dopravy na kvalitu ovzduší v Evropě, je značný především v oblasti emisí NO_x a koncentrací C₆H₆, kde je doprava hlavním producentem těchto emisí. V ČR také došlo ve sledovaném období (2007 – 2012) k poklesu produkce emisí, přičemž nejznatelnější je v oblasti emisí CO a NO_x. Na rozdíl od situace v Evropě je v ČR doprava hlavním zdrojem pouze v oblasti emisí NO_x. V MSK a ve městě Ostrava byl porovnáván příspěvek jednotlivých zdrojů znečišťování na znečištění ovzduší vybranými látkami. Hlavním producentem emisí vybraných látek byly v MSK i ve městě Ostrava vyjmenované zdroje. Vliv mobilních zdrojů je však také důležitý.

Třetí kapitola pojednává o vlivu dopravy na kvalitu ovzduší. Při provozu vozidel dochází k produkci znečišťujících látek, které mohou přispívat ke globálnímu oteplování (CO, O₃) a vzniku kyselých srážek (NO₂). Mohou také negativně ovlivňovat zdraví lidí, přičemž nejčastější jsou respirační obtíže (CO, NO₂, PM, O₃) a vznik nádorových onemocnění (NO₂, C₆H₆, PM). Největší množství znečišťujících látek vzniká při provozu vozidel se zcela nebo částečně vychladlým motorem, kdy motor ani katalyzátor nemají optimální pracovní teplotu a tudíž nedochází k účinné eliminaci škodlivin. Takto vzniklé znečišťující látky jsou označovány jako víceemise a představují významný problém především ve městech, kde jsou vozidla často využívána ke krátkým jízdám. Důležitým nástrojem snižování negativního vlivu dopravy na kvalitu ovzduší, jsou emisní normy EURO, které stanovují limitní hodnoty výfukových exhalací.

Čtvrtá kapitola je věnována praktickému výpočtu emisí na ulici Českobratrská v měsících září, říjnu a listopadu roku 2012. Bylo zjištěno, že nejvyšších hodnot dosahovaly emise CO, poté NO₂ a nejnižších hodnot emise PM. V rámci celého sledovaného období byly největším producentem emisí NO₂ a PM autobusy, v oblasti

emisí CO zase osobní automobily. Trend emisí všech znečišťujících látek v jednotlivých měsících je velmi podobný. V září a listopadu bylo celkově nejvyšších hodnot dosaženo v pátky, v říjnu zase ve středy.

Pátá kapitola je věnována praktickému výpočtu emisí na ulici Českobratrská ve dnech sčítání dopravy během měsíců září, října a listopadu roku 2012. Bylo zjištěno, že nejvyšších hodnot dosahovaly imise CO, poté NO₂ a nejnižších hodnot dosahovaly imise C₆H₆. Trend emisí je ve sledovaném období pro všechny znečišťující látky značně podobný a nejvyšších hodnot dosahovaly imise dne 13. 11. mezi 10 a 11 hodinou.

Šestá kapitola je věnována srovnání vypočtených emisních dat s daty z automatizovaného emisního monitoringu. Ze srovnání vyplývá, že výsledné hodnoty emisí všech znečišťujících látek jsou převážně vyšší než hodnoty z emisního monitoringu. Tato skutečnost je ovlivněna především zadanými směry větru, které byly získány z historických dat a reprezentují denní průměry. V denní hodinu, ve které probíhalo sčítání dopravy, však mohl být směr větru odlišný.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Publikace

1. ADAMEC, Vladimír et al. *Doprava, zdraví a životní prostředí*. 1. vyd. Praha: Grada, 2008, 160 s. ISBN 978-80-247-2156-9.
2. BARTOŠ, Luděk. *Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích: TP 189*. 2. vyd. Plzeň: EDIP, 2012, 76 s. ISBN 978-80-87394-06-9.
3. BRANIŠ, Martin; HŮNOVÁ, Iva. *Atmosféra a klima: Aktuální otázky ochrany ovzduší*. Praha: Karolinum, 2009. 352 s. ISBN 978-80-246-1598-1.
4. GURJAR, B, Luisa T MOLINA a C OJHA. *Air pollution: health and environmental impacts*. Boca Raton: CRC Press, c2010, xxiii, 532 p. ISBN 978-143-9809-624.
5. HEJLOVÁ, Vendula. *Determination of criteria weights values for wireless sensor network oriented on monitoring of air pollutants related to traffic*. SGEM 2014: 14th international multidisciplinary scientific geoconference. Sofia: STEF92 Technology, c2014, s. 343-350. ISBN 978-619-7105-16-2.
6. JANČÍK, Petr et al. *Místní program ke zlepšení kvality ovzduší pro město Ostrava*. Ostrava: VŠB-TUO, 2004.
7. KREJČÍ, Blanka. *Průměrné hodinové koncentrace NO₂, CO, C₆H₆ z lokality Ostrava-Českobratrská 1.9.-30.11.2012 v µg.m⁻³*. Interní informace ČHMÚ. 2013.
8. KURFÜRST, Jiří. *Kompéndium ochrany kvality ovzduší*. Chrudim: Vodní zdroje Ekomonitor spol. s.r.o., 2008. 408 s. ISBN 978-80-86832-38-8.
9. KURSA, Jaroslav et al. *Zoohygiena a prevence chorob hospodářských zvířat*. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita, Agronomická fakulta, 1998, 200 s. ISBN 80-213-0419-7.
10. LAPČÍK, Vladimír. *Oceňování antropogenních vlivů na životní prostředí*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2011, 217 s. ISBN 978-80-248-2440-6.
11. ONURSAL, Bekir a Surhid GAUTAM. *Vehicular air pollution: experiences from seven Latin American urban centers*. Washington, D.C.: World Bank, c1997, xx, 282 p. ISBN 08-213-4016-6.
12. PETŘVALSKÁ, Renata. *Znečištění ovzduší ze silniční dopravy ve městě Ostrava*. Ostrava, 2013. Bakalářská práce. VŠB-TUO.

13. SHALA, Ferat et al. *Impact of transport on air quality in Gjilan town of Kosovo - particulate matters*. SGEM 2014: 14th international multidisciplinary scientific geoconference. Sofia: STEF92 Technology, c2014, s. 407-414. ISBN 978-619-7105-16-2.
14. ŠKAPA, Petr. *Vliv dopravy na životní prostředí*. 1. vyd. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2000, 126 s. ISBN 80-7078-805-4.
15. ŽARLOKOVÁ, Veronika. *Výpočet emisí jako produktu silniční dopravy ve městě Ostrava*. Ostrava, 2012. Diplomová práce. VŠB-TUO.

Internetové zdroje

1. CALTRANS. *CALINE 4*. [online]. [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: <http://www.dot.ca.gov/hq/env/air/software/caline4/calinesw.htm>
2. CDV. *Školení sčítání: Ukázkově vyplněné sčítací listy*. [online]. [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: <http://csd.cdv.cz/file/ukazkove-vyplnene-scitaci-listy/>
3. CENIA. *Profil organizace*. [online]. 2012 [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: <http://www1.cenia.cz/www/o-cenia/profil-organizace>
4. DUFEK, Jiří et al. *Metodika stanovení emisí látek znečišťujících ovzduší z dopravy*. [online]. 2006 [cit. 2013-12-14]. Dostupné z: <http://www.cdv.cz/file/metodika-stanoveni-emisi-latek-znecistujicich-ovzdusi-z-dopravy/>
5. EEA (a). *Air quality in Europe - 2012 report*. [online]. 2012 [cit. 2014-11-30]. ISBN 978-92-9213-328-3. DOI: 10.2800/55823. Dostupné z: <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2012>
6. EEA (b). *Eionet connects: Sharing environmental information in Europe*. [online]. 2012 [cit. 2014-12-13]. ISBN 978-92-9213-283-5. DOI: 10.2800/9661. Dostupné z: <http://www.eea.europa.eu/publications/eionet-connects>
7. EEA (c). *Who we are*. [online]. 2012 [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: <http://www.eea.europa.eu/about-us/who>
8. EEA. *AirBase - The European air quality database*. [online]. 2013 [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/airbase-the-european-air-quality-database-7>
9. EEA. *Air quality in Europe - 2014 report*. [online]. 2014 [cit. 2014-11-30]. ISBN 978-92-9213-490-7. DOI: 10.2800/22847. Dostupné z: <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2014>
10. ELKAFOURY, Ahmed et al. *Modeling Vehicular CO Emissions for Time Headway-based Environmental Traffic Management System*. Procedia Technology

- [online]. 2015, vol. 19, s. 341-348 [cit. 2015-04-12]. DOI: 10.1016/j.protcy.2015.02.049. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S221201731500050X>
11. HARRIS, Bryan. *Nitrogen dioxide levels in Bradford on Avon: Application of a revised AEOLIUS/OSPM prediction model*. [online]. 2004 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: <http://web.onetel.com/~bandmaharris/BradfordAirQuality2.pdf>
 12. HEIST, David et al. *Estimating near-road pollutant dispersion: A model inter-comparison*. Transportation Research Part D: Transport and Environment [online]. December 2013, Vol. 25, p. 93-105. [cit. 2014-12-13]. ISSN 1361-9209. Dostupné z: http://ac.els-cdn.com/S1361920913001223/1s2.0S1361920913001223main.pdf?_tid=b5d4a33e5b8f11e3b82900000aacb362&acdnat=1386016034_b850b6ffb7eba5cbd68fa637e1a1d508
 13. HREBÍK, Pavol. *Stanovení neurčitosti vstupních údajů potřeby tepla na vytápění speciálními metodami*. In: Tzb-info [online]. 2015 [cit. 2015-04-06]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/teorie-a-schemata/12255-stanovenie-neurcitosti-vstupnych-udajov-potreby-tepla-na-vykurovanie-specialnymi-metodami>
 14. CHMI. *Historická data: Počasí: Měsíční data: Mošnov - 2012*. [online]. 2013 [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provide=r=JSPTabContainer&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_9_Mesicni_data&nc=1&portal_lang=cs#PP_Mesicni_data
 15. CHMI (a). *Grafická ročenka 2013*. [online]. [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/Obsah_CZ.html
 16. CHMI (b). *Historie ústavu*. [online]. [cit. 2014-12-13]. Dostupné z: http://www.chmi.cz/portal/dt?portal_lang=cs&menu=JSPTabContainer/P5_0_O_nas/P5_2_Historie_ustavu&last=false
 17. CHMI (c). *Průměrné koncentrace za roky 2009-2013: Moravskoslezský kraj*. [online]. 2014 [cit. 2015-04-02]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/ozko/13petileti/png/moravskoslezsky_CZ.html
 18. CHMI (d). *Znečištění ovzduší a atmosférická depozice v datech, Česká republika: Tabelární ročenky*. [online]. 2014 [cit. 2015-04-15]. Dostupné z: http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/tab_roc/tab_roc_CZ.html
 19. IN-POČASÍ. *Archiv počasí*. [online]. 2012 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.in-pocasi.cz/archiv/>

20. ISŽP MSK. *Krajský program snižování emisí Moravskoslezského kraje*. [online]. 2011 [cit. 2015-02-13]. Dostupné z: http://iszp.kr-moravskoslezsky.cz/assets/ovzdusi/Koncepce/kpse_msk_-_aktualizace_2011.pdf
21. LANG, Jianlei et al. *Air pollutant emissions from on-road vehicles in China, 1999–2011*. Science of The Total Environment [online]. 2014, vol. 496, s. 1-10 [cit. 2015-04-12]. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.07.021. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969714010365>
22. MŽP. *MEFA - výpočet emisních faktorů pro motorová vozidla*. [online]. 2008 - 2012 [cit. 2014-12-12]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/cz/vypocet_emisnich_faktoru
23. MŽP. *Metodický pokyn odboru ochrany ovzduší pro vypracování rozptylových studií podle § 32 odst. 1 písm. e) zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší: Příloha č. 3: Metodika výpočtu resuspendovaných částic tuhých znečišťujících látek z povrchu zpevněných komunikací*. [online]. 2012 [cit. 2015-02-28]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zpracovani_rozptylovych_studii_metodika/\\$FILE/OOO-RS_pr3-10102013.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zpracovani_rozptylovych_studii_metodika/$FILE/OOO-RS_pr3-10102013.pdf)
24. OPŽP. *Operační program životní prostředí: Metodika výpočtu environmentálních přínosů projektů zaměřených na snížení resuspenze tuhých znečišťujících látek do ovzduší vlivem dopravy*. [online]. [cit. 2015-03-05]. Dostupné z: http://www.opzp.cz/soubor-ke-stazeni/48/14449-xlv_vyzva_PO2.1.3_metodika_vypoctu_emisi.pdf
25. OSTRAVSKÉ KOMUNIKACE, A.S. *Informace o dopravě v Ostravě 2012*. [online]. 2013 [cit. 2015-04-09]. Dostupné z: <http://www.ostrava.cz/cs/urad/magistrat/odbory-magistratu/odbor-dopravy/oddeleni-silnic-mostu-rozvoje-a-organizace-dopravy/informace-o-doprave/c-users-adamekri-desktop-doc-net-2013-roaenka-2012.pdf>
26. SAJDL, Jan. *Emisní norma EURO*. [online]. [cit. 2014-11-17]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/emisni-norma-euro/>
27. SEZNAM. *Mapy.cz* [online]. 2015 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz/zakladni?x=18.2900906&y=49.8397123&z=16>
28. SZU. *Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ČR ve vztahu k životnímu prostředí: Subsystém I.: Zdravotní důsledky a rizika znečištění ovzduší, Odborná zpráva za rok 2010*. [online]. Praha: SZU, 2010 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/odborne_zpravy/OZ_10/ovzdusi_2010.pdf

29. ŠÍŠKA, Jakub et al. *Emise výfukových škodlivin ze studených startů osobních a lehkých nákladních automobilů*. In: Paliva 5 [online]. 2013 [cit. 2015-02-23]. Dostupné z: <http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CDgQFjAD&url=http%3A%2F%2Fpaliva.vscht.cz%2Fdownload.php%3Fid%3D102&ei=8s3ZVKazGcj4Upe0g3g&usg=AFQjCNGt3GIrP0rjA0g7LQwCMjvtEgZU3g&bvm=bv.85464276,d.d24>
30. VARDOULAKIS, Sotiris et al. *Operational air pollution modelling in the UK - Street canyon applications and challenges*. Atmospheric Environment [online]. 2007, vol. 41, issue 22, s. 4622-4637 [cit. 2015-04-10]. DOI: 10.1016/j.atmosenv.2007.03.039. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1352231007003081>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1: Vzorový sčítací list (CDV, [online] 2014; Petřvalská, 2013)	20
Obr. č. 2: Pracovní parametry CALINE 4 (Caltrans [online], 2015)	29
Obr. č. 3: Spouštěcí podmínky CALINE 4 (Caltrans [online], 2015)	30
Obr. č. 4: Složka geometrie vozovek CALINE 4 (Caltrans [online], 2015)	32
Obr. č. 5: Složka aktivita vozovek CALINE 4 (Caltrans [online], 2015)	32
Obr. č. 6: Složka pozice receptorů CALINE 4 (Caltrans [online], 2015)	34

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Evropská legislativa regulující emise a okolní koncentrace znečišťujících látek (EEA [online] 2014)	6
Tabulka č. 2: Emise vybraných znečišťujících látek ve městě Ostrava v roce 2002 (Jančík et al., 2004; Petřvalská, 2013)	13
Tabulka č. 3: Emisní limity pro osobní vozidla dle norem EURO (Sajdl [online], 2014)	18
Tabulka č. 4: Vstupní data (Petřvalská, 2013)	20
Tabulka č. 5: Výsledné hodnoty faktorů (Petřvalská, 2013)	21
Tabulka č. 6: Poměrové zastoupení pohonných hmot ve vozovém parku ČR (Petřvalská, 2013; Žarloková, 2012)	21
Tabulka č. 7: Hodnoty násobitele „k“ pro jednotlivé frakce (MŽP [online], 2012)	24
Tabulka č. 8: Počet vozidel za září, říjen, listopad dle jednotlivých kategorií (autor)	25
Tabulka č. 9: Průměrné hmotnosti jednotlivých kategorií vozidel (OPŽP [online], 2015)	25
Tabulka č. 10: Počet dnů s úrovní srážek ≥ 1 mm v září, říjnu a listopadu v roce 2012 (CHMI [online], 2013)	25
Tabulka č. 11: Hodnoty rychlostí větru, směrů větru a okolních teplot ve dnech sčítání (In-počasí [online], 2012)	30
Tabulka č. 12: Hodnoty standardní odchylky směru větru dle hodin (Caltrans [online], 2015)	31
Tabulka č. 13: Hodnoty atmosférické třídy stability dle rychlostí větru (Caltrans [online], 2015)	31
Tabulka č. 14: Hodnoty okolních koncentrací jednotlivých látek (SZU [online], 2010)	31
Tabulka č. 15: Emisní faktory (g/mil) (autor)	33
Tabulka č. 16: Celkové imise znečišťujících látek vyprodukované dopravou dle vybraných hodin a dnů v měsících září, říjnu a listopadu (autor)	35

SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1: Vývoj emisí CO z jednotlivých zdrojů v Evropě v letech 2003 – 2012 (EEA [online] 2014)	3
Graf č. 2: Vývoj emisí NO _x z jednotlivých zdrojů v Evropě v letech 2003 – 2012 (EEA [online] 2014)	4
Graf č. 3: Průměrné hodnoty koncentrací C ₆ H ₆ naměřené v letech 2001 – 2010 na různých typech stanic v Evropě (EEA (a) [online], 2012)	4
Graf č. 4: Vývoj emisí PM _{2,5} z jednotlivých zdrojů v Evropě v letech 2003 – 2012 (EEA [online] 2014)	5
Graf č. 5: Vývoj emisí PM ₁₀ z jednotlivých zdrojů v Evropě v letech 2003 – 2012 (EEA [online] 2014)	5
Graf č. 6: Vývoj emisí SO _x z jednotlivých zdrojů v Evropě v letech 2003 – 2012 (EEA [online] 2014)	6
Graf č. 7: Vývoj emisí v ČR v letech 1994 – 2012 (CHMI (d) [online], 2014).....	8
Graf č. 8: Vývoj emisí CO z jednotlivých zdrojů v ČR v letech 2007 – 2012 (CHMI (a) [online], 2014)	8
Graf č. 9: Vývoj emisí NO _x z jednotlivých zdrojů v ČR v letech 2007 – 2012 (CHMI (a) [online], 2014)	9
Graf č. 10: Trendy ročních charakteristik C ₆ H ₆ v ČR dle různých typů stanic v letech 2005 – 2013 (CHMI (a) [online], 2014).....	10
Graf č. 11: Vývoj emisí PM _{2,5} z jednotlivých zdrojů v ČR v letech 2007 – 2012 (CHMI (a) [online], 2014)	11
Graf č. 12: Vývoj emisí PM ₁₀ z jednotlivých zdrojů v ČR v letech 2007 – 2012 (CHMI (a) [online], 2014)	11
Graf č. 13: Vývoj emisí SO ₂ z jednotlivých zdrojů v ČR v letech 2007 – 2012 (CHMI (a) [online], 2014)	12
Graf č. 14: Podíl jednotlivých zdrojů znečišťování na znečištění ovzduší v MSK (2002 – 2008) (ISŽP MSK, [online] 2011; Petřvalská, 2013).....	13
Graf č. 15: Celkové emise CO vyprodukované dopravou v měsících září, říjnu a listopadu 2012(autor).....	26
Graf č. 16: Celkové emise NO ₂ vyprodukované dopravou v měsících září, říjnu a listopadu 2012 (autor).....	26
Graf č. 17: Celkové emise PM vyprodukované dopravou v měsících září, říjnu a listopadu 2012 (autor).....	27
Graf č. 18: Celkové emise CO vyprodukované dopravou dle vybraných dnů v měsících září, říjnu a listopadu 2012(autor)	36
Graf č. 19: Celkové emise NO ₂ vyprodukované dopravou dle vybraných dnů v měsících září, říjnu a listopadu 2012(autor)	37

Graf č. 20: Celkové imise C_6H_6 vyprodukované dopravou dle vybraných dnů v měsících září, říjnu a listopadu 2012 (autor)	37
Graf č. 21: Srovnání imisí CO vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci září (autor).....	39
Graf č. 22: Srovnání imisí CO vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci říjnu (autor)	39
Graf č. 23: Srovnání imisí CO vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci listopadu (autor)	40
Graf č. 24: Srovnání imisí NO_2 vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci září (autor).....	40
Graf č. 25: Srovnání imisí NO_2 vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci říjnu (autor)	41
Graf č. 26: Srovnání imisí NO_2 vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci listopadu (autor)	41
Graf č. 27: Srovnání imisí C_6H_6 vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci září (autor).....	42
Graf č. 28: Srovnání imisí C_6H_6 vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci říjnu (autor)	42
Graf č. 29: Srovnání imisí C_6H_6 vyprodukovaných dopravou s daty z imisního monitoringu dle vybraných dnů a hodin v měsíci listopadu (autor)	43
Graf č. 30: Celkový průběh imisí CO během měsíců září, října a listopadu roku 2012 (autor; Krejčí, 2013)	43
Graf č. 31: Celkový průběh imisí NO_2 během měsíců září, října a listopadu roku 2012 (autor; Krejčí, 2013)	44
Graf č. 32: Celkový průběh imisí C_6H_6 během měsíců září, října a listopadu roku 2012 (autor; Krejčí, 2013)	44

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Počty odečtených vozidel, během měsíců září, října a listopadu, na ulici Českobratrská (autor; Petřvalská, 2013)	58
Příloha č. 2: Použité denní variace intenzity dopravy (Bartoš, 2012; Petřvalská, 2013)	61
Příloha č. 3: Použité týdenní variace intenzity dopravy (Bartoš, 2012; Petřvalská, 2013)	61
Příloha č. 4: Počty odečtených vozidel, během měsíců září, října a listopadu - vozovka Českobratrská (autor)	62
Příloha č. 5: Počty odečtených vozidel, během měsíců září, října a listopadu - vozovka Sokolská (autor).....	63

PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Počty odečtených vozidel, během měsíců září, října a listopadu, na ulici Českobratrská (autor; Petřvalská, 2013)

den	datum	čas [h]	směr	druh vozidla			
				lehké	těžké	autobusy/trolejbusy	osobní
Pondělí	24. 9.	10 - 11	Bazaly	8	14	15	680
		10 - 11	Konzervatoř	16	9	28	665
		11 - 12	Bazaly	6	9	16	692
		11 - 12	Konzervatoř	15	8	29	700
Úterý	25.9.	10 - 11	Bazaly	62	13	18	767
		10 - 11	Konzervatoř	9	9	18	393
		11 - 12	Bazaly	45	5	15	412
		11 - 12	Konzervatoř	12	15	15	369
		3 - 4	Bazaly	2	0	7	17
		3 - 4	Konzervatoř	7	2	1	32
		4 - 5	Bazaly	3	0	15	48
		4 - 5	Konzervatoř	5	1	2	18
Středa	26.9.	1 - 2	Bazaly	1	0	0	12
		1 - 2	Konzervatoř	0	0	1	11
		2 - 3	Bazaly	3	0	2	24
		2 - 3	Konzervatoř	2	0	2	17
		8 - 9	Bazaly	22	9	17	708
		8 - 9	Konzervatoř	73	9	16	618
		9 - 10	Bazaly	19	9	21	730
		9 - 10	Konzervatoř	68	5	16	582
		10 - 11	Bazaly	19	12	18	594
		10 - 11	Konzervatoř	57	8	9	303
		11 - 12	Bazaly	17	7	16	623
		11 - 12	Konzervatoř	58	6	14	423
		12 - 13	Bazaly	54	16	24	562
		12 - 13	Konzervatoř	21	11	30	580
		13 - 14	Bazaly	45	17	23	625
		13 - 14	Konzervatoř	26	7	29	627
Sobota	29.9.	16 - 17	Bazaly	7	2	11	345
		16 - 17	Konzervatoř	3	0	8	455
		17 - 18	Bazaly	8	3	9	341
		17 - 18	Konzervatoř	0	0	8	408
Pondělí	15. 10.	10 - 11	Bazaly	6	3	14	716
		10 - 11	Konzervatoř	10	1	29	412
Úterý	9. 10.	10 - 11	Bazaly	22	6	16	690
		10 - 11	Konzervatoř	32	18	35	500

Bc. Renata Petřvalská: Výpočet imisí ze silniční dopravy a srovnání s imisními daty ze sledované oblasti z roku 2012

Úterý	9. 10.	11 - 12	Bazaly	12	9	16	528
		11 - 12	Konzervatoř	36	10	36	517
	16. 10.	3 - 4	Bazaly	5	1	8	26
		3 - 4	Konzervatoř	5	3	4	23
		4 - 5	Bazaly	5	1	14	57
		4 - 5	Konzervatoř	4	2	2	15
	30. 10.	12 - 13	Bazaly	10	20	13	515
		12 - 13	Konzervatoř	17	9	24	428
		13 - 14	Bazaly	15	11	8	525
		13 - 14	Konzervatoř	13	10	22	348
Středa	17. 10.	8 - 9	Bazaly	24	8	32	733
		8 - 9	Konzervatoř	71	6	24	523
		9 - 10	Bazaly	20	10	38	755
		9 - 10	Konzervatoř	65	7	21	481
		12 - 13	Bazaly	22	8	17	585
		12 - 13	Konzervatoř	22	5	34	492
		13 - 14	Bazaly	20	8	22	605
		13 - 14	Konzervatoř	24	8	38	528
	24. 10.	1 - 2	Bazaly	2	0	0	11
		1 - 2	Konzervatoř	1	0	0	10
		2 - 3	Bazaly	4	0	2	17
		2 - 3	Konzervatoř	2	0	1	15
Čtvrtek	18. 10.	10 - 11	Bazaly	33	6	15	608
		10 - 11	Konzervatoř	55	6	28	548
Pátek	5. 10.	9 - 10	Bazaly	76	10	18	528
		9 - 10	Konzervatoř	31	14	29	491
		10 - 11	Bazaly	62	29	15	548
		10 - 11	Konzervatoř	32	11	25	453
Sobota	27. 10.	16 - 17	Bazaly	11	4	8	376
		16 - 17	Konzervatoř	2	0	8	420
		17 - 18	Bazaly	8	0	10	359
		17 - 18	Konzervatoř	1	0	8	366
Pondělí	19. 11.	10 - 11	Bazaly	5	14	15	665
		10 - 11	Konzervatoř	19	7	35	525
		11 - 12	Bazaly	7	11	15	730
		11 - 12	Konzervatoř	22	2	30	459
Úterý	13. 11.	10 - 11	Bazaly	64	14	18	772
		10 - 11	Konzervatoř	12	15	23	358
		11 - 12	Bazaly	47	8	15	412
		11 - 12	Konzervatoř	8	11	23	353
	20. 11.	3 - 4	Bazaly	2	0	7	16

Úterý	20. 11.	3 - 4	Konzervatoř	11	3	2	22
		4 - 5	Bazaly	3	2	13	41
		4 - 5	Konzervatoř	8	2	3	17
Středa	14. 11.	8 - 9	Bazaly	19	11	31	771
		8 - 9	Konzervatoř	91	14	37	509
		9 - 10	Bazaly	23	9	35	715
		9 - 10	Konzervatoř	44	9	24	477
	21. 11.	1 - 2	Bazaly	2	0	1	11
		1 - 2	Konzervatoř	1	0	0	13
		2 - 3	Bazaly	3	0	3	22
		2 - 3	Konzervatoř	1	0	2	19
		10 - 11	Bazaly	54	16	17	568
		10 - 11	Konzervatoř	51	17	38	382
		11 - 12	Bazaly	32	11	13	585
		11 - 12	Konzervatoř	32	15	35	387
		12 - 13	Bazaly	7	7	17	671
		12 - 13	Konzervatoř	12	5	33	481
		13 - 14	Bazaly	18	9	20	695
		13 - 14	Konzervatoř	14	4	38	518
Čtvrtek	15. 11.	9 - 10	Bazaly	85	30	42	741
		9 - 10	Konzervatoř	11	7	9	162
		10 - 11	Bazaly	105	38	42	710
		10 - 11	Konzervatoř	10	2	9	166
Pátek	9. 11.	9 - 10	Bazaly	67	18	20	493
		9 - 10	Konzervatoř	20	12	27	463
		10 - 11	Bazaly	62	16	17	529
		10 - 11	Konzervatoř	15	10	27	457
		11 - 12	Bazaly	15	60	15	340
		11 - 12	Konzervatoř	21	38	35	359

Příloha č. 2: Použité denní variace intenzity dopravy (Bartoš, 2012; Petřvalská, 2013)

hodiny	kategorie vozidel		
	OA	LV a TV	A
	v %		
0-1	0.30	0.35	0.63
1-2	0.18	0.38	0.43
2-3	0.17	0.54	0.48
3-4	0.29	0.90	0.88
4-5	1.03	1.81	2.48
5-6	3.59	3.79	5.23
6-7	5.62	6.05	6.89
7-8	6.60	7.64	7.08
8-9	6.50	8.01	6.33
9-10	6.20	7.98	5.79
10-11	5.92	7.85	5.36
11-12	5.80	7.71	5.28
12-13	5.98	7.71	5.62
13-14	6.53	7.50	6.55
14-15	7.55	6.99	7.36
15-16	8.02	6.19	7.14
16-17	7.66	5.25	6.33
17-18	6.80	4.22	5.44
18-19	5.40	3.12	4.31
19-20	3.79	2.22	3.19
20-21	2.47	1.50	2.31
21-22	1.69	0.98	1.92
22-23	1.17	0.72	1.71
23-24	0.74	0.59	1.26

Příloha č. 3: Použité týdenní variace intenzity dopravy (Bartoš, 2012; Petřvalská, 2013)

dny	kategorie vozidel		
	OA	LV a TV	A
	v %		
PO	102.9	119	115.4
ÚT	99.7	122.9	112.1
ST	103.5	125	118.4
ČT	104.6	125.9	118.8
PÁ	117.2	125	124.7
SO	90.6	48	57.8
NE	81.5	34.2	52.8

Příloha č. 4: Počty odečtených vozidel, během měsíců září, října a listopadu - vozovka Českobratrská (autor)

den	datum	čas [h]	druh vozidla			
			LV	TV	A	OA
Pondělí	24.9.	10 - 11	24	23	43	1345
		11 - 12	21	17	45	1392
Úterý	25. 9.	10 - 11	71	22	36	1160
		11 - 12	57	20	30	781
		3 - 4	9	2	8	49
		4 - 5	8	1	17	66
Středa	26. 9.	8 - 9	95	18	33	1326
		9 - 10	87	14	37	1312
		12 - 13	75	27	54	1142
		13 - 14	71	24	52	1252
Sobota	29. 9.	16 - 17	10	2	19	800
		17 - 18	8	3	17	749
Úterý	9. 10.	10 - 11	54	24	51	1190
		11 - 12	48	19	52	1045
	16. 10.	3 - 4	10	4	12	49
		4 - 5	9	3	16	72
	30. 10.	12 - 13	27	29	37	943
		13 - 14	28	21	30	873
Středa	17. 10.	8 - 9	95	14	56	1256
		9 - 10	85	17	59	1236
		12 - 13	44	13	51	1077
		13 - 14	44	16	60	1133
Čtvrtek	18. 10.	10 - 11	88	12	43	1156
Pátek	5. 10.	9 - 10	107	24	47	1019
		10 - 11	94	40	40	1001
Sobota	27. 10.	16 - 17	13	4	16	796
		17 - 18	9	0	18	725
Pondělí	19. 11.	10 - 11	24	21	50	1190
		11 - 12	29	13	45	1189
Úterý	13. 11.	10 - 11	76	29	41	1130
		11 - 12	55	38	38	765
	20. 11.	3 - 4	13	3	9	38
		4 - 5	11	4	16	58
Středa	14. 11.	8 - 9	110	25	68	1280
		9 - 10	67	18	59	1192
	21. 11.	10 - 11	105	33	55	950

Středa	21. 11.	11 - 12	64	26	48	972
		12 - 13	19	12	50	1152
		13 - 14	32	13	58	1213

Příloha č. 5: Počty odečtených vozidel, během měsíců září, října a listopadu - vozovka Sokolská (autor)

den	datum	čas [h]	druh vozidla			
			LV	TV	A	OA
Pondělí	24. 9.	10 - 11	12	11	39	885
		11 - 12	8	6	40	709
Úterý	25. 9.	10 - 11	53	14	36	790
		11 - 12	45	18	28	653
		3 - 4	6	0	9	31
		4 - 5	15	2	7	51
Středa	26. 9.	8 - 9	132	18	73	922
		9 - 10	95	12	50	770
		12 - 13	62	27	38	911
		13 - 14	44	16	41	763
Sobota	29. 9.	16 - 17	4	1	25	521
		17 - 18	2	0	24	460
Úterý	9. 10.	10 - 11	89	25	41	748
		11 - 12	76	20	38	1084
	16. 10.	3 - 4	10	0	9	35
		4 - 5	11	5	6	73
	30. 10.	12 - 13	23	8	56	851
		13 - 14	21	6	56	937
Středa	17. 10.	8 - 9	113	16	51	978
		9 - 10	111	14	41	829
		12 - 13	59	30	35	817
		13 - 14	50	20	38	867
Čtvrtek	18. 10.	10 - 11	13	8	52	555
Pátek	5. 10.	9 - 10	69	27	39	882
		10 - 11	60	22	28	709
Sobota	27. 10.	16 - 17	5	0	25	456
		17 - 18	1	0	26	508
Pondělí	19. 11.	10 - 11	6	4	36	1067
		11 - 12	6	5	35	970
Úterý	13. 11.	10 - 11	43	14	35	699
		11 - 12	37	9	27	714

Úterý	20. 11.	3 - 4	5	0	9	35
		4 - 5	8	1	6	67
Středa	14. 11.	8 - 9	119	15	49	1156
		9 - 10	100	10	39	1009
	21. 11.	10 - 11	69	10	35	796
		11 - 12	62	7	29	693
		12 - 13	67	26	43	949
		13 - 14	37	25	50	882